



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

KONEPAJAN LAYOUTIN KEHITTÄMINEN LEAN- AJATTELUN AVULLA

Janrik Magga

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA

Diplomityö

Kesäkuu 2021

TIIVISTELMÄ

Konepajan layoutin kehittäminen Lean-ajattelun avulla

Janrik Magga

Oulun yliopisto, Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Diplomityö + 2021, 100 s. + 3 liitettä

Työn ohjaajat yliopistolla: Heikki Pirkola, Jyri Porter

Työssä kehitetään perinteisen keskiraskaan konepajan tuotantoa Lean-ajattelun avulla. Kehittäminen kohdistuu tuotannon layoutiin ja materiaalivirtoihin ja tavoitteena on hyödyntää nykyisiä resursseja mahdollisimman tehokkaasti. Työssä tehdään nykytila-analyysi yrityksen tuotannosta ja toiminnoista. Teorian ja analyysin perusteella yritykselle luodaan suunnitelma tuotannon ja toiminnan kehittämiseksi. Työn aikana tehtyjen kehitystoimien seurauksena tuotannon rakennetta saatiin parannettua ja selkeytettyä. Lisäksi yritykselle saatiin selkeä tavoite, johon tässä työssä esitetyillä ratkaisuihin voi päästä. Työssä esitellään laajasti tuotantoon liittyviä aiheita, joihin vaikuttamalla Leania voidaan lähteä rakentamaan. Lisäksi työssä on koottuna yleinen kehittämiseen liittyvä osio. Osion ja käytännössä toteutettujen esimerkkien avulla työn tuloksia voidaan hyödyntää samankaltaisessa tilanteessa olevien yritysten tuotannon ja toiminnan kehittämiseen.

Asiasanat: lean-ajattelu, layout, konepajateollisuus

ABSTRACT

Developing machine shop layout using lean principles

Janrik Magga

University of Oulu, Degree Program of Mechanical Engineering

Master's thesis + 2021, 100 pp. + 3 Appendixes

Supervisors at the university: Heikki Pirkola, Jyri Porter

The work develops the production of a traditional medium-heavy machine shop using Lean thinking. The development focuses on production layout and material flows, and the goal is to utilize existing resources as efficiently as possible. The work includes an analysis of the current state of the company's production and operations. Based on the theory and analysis, a plan is created for the company to develop production and operations. As a result of the development activities carried out during the work, the structure of production was improved and clarified. In addition, a clear goal was achieved for the company, which can be achieved with the solutions presented in this work. The work presents a wide range of production-related topics that can be used to build Lean. In addition, a general development section has been compiled. With the help of the section and practical examples, the results of the work can be used to develop the production and operations of companies in a similar situation.

Keywords: lean manufacturing, layout, mechanical engineering industry

ALKUSANAT

Tässä työssä esitellään keinoja, joilla Marttiini Metal Oy:n tuotannon toimintaa saatiin kehitettyä parempaan suuntaan. Moni suomalainen metallialan yritys kamppailee samojen ongelmien kanssa: perustekemisen edellytykset löytyvät, mutta niiden tehokas ja oikeaoppinen käyttö puuttuu.

Konkreettisten toimien merkitys nousi vahvasti esille, kun muutoksia alettiin ajamaan läpi ja voisi väittää, että esimerkillä näyttäminen kertoo enemmän kuin tuhat ohjekirjaa. Yrityksen antama tehtävä oli haastava ja antoisa. Työ aloitettiin marraskuussa 2020 ja saatiin päätökseen kesäkuussa 2021.

Haluan kiittää ohjaajiani Oulun yliopistolla DI Heikki Pirkolaa ja DI Jyri Porteria sekä DI Teemu Rahkolaa Marttiini Metal Oy:ltä. Teidän avulla työ saatiin onnistuneesti päätökseen. Haluan erikseen kiittää Oulun yliopiston tuotantotekniikan osaston opettajia antoisista ja ikimuistoisista opiskeluvuosista. Kiitokset kuuluvat myös perheelleni ja läheisilleni, jotka tarjosivat apua ja tukea, kun sitä tarvitsin. Lisäksi haluan kiittää opiskelukavereitani. Olihan meillä hauskaa!

Oulu, 4.6.2021

Janrik Magga
Janrik Magga

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto	8
1.1 Kohdeyrittäjän esittely.....	8
1.2 Tutkimusongelman rajaaminen ja tutkimuskysymykset	10
1.3 Raportin vaiheet	11
2 Tuotantajärjestelmä.....	12
2.1 Tuotanto	12
2.1.1 Tuotannon tekijät	13
2.2 Tuotekehitys merkittävänä osana tuotantoa	14
2.3 Tuotannon tavoitteet.....	15
2.3.1 Tuotannon välitavoitteet	16
2.3.2 Läpäisy aika	17
2.4 Toiminnan- ja tuotannon ohjaus.....	18
2.4.1 Toiminnan ohjaus	18
2.4.2 Toiminnan ohjauksen tavoitteet ja tehtävät	19
2.4.3 Tuotannon ohjaus.....	19
2.5 Ohjaustavat.....	20
2.5.1 Työntö ohjaus	21
2.5.2 Imu ohjaus eli Kanban	21
2.5.3 Virtautettu tuotanto	22
2.6 Tuotannon ohjaukseen vaikuttavia tekijöitä.....	22
2.6.1 Asiakas.....	23
2.6.2 Tuotantomuoto.....	23
2.6.3 Toimintastrategia	25
2.6.4 Layout	27
2.6.5 Layout tyyppien käyttö ja suunnittelu	30
2.6.6 Kapasiteetti ja kuormitus	32
2.6.7 Pullonkaulat ja esteiden teoria (Theory of Constraints)	34
3 Lean osana tuotantoa ja yritystä.....	35
3.1 Hukka – Arvoa tuottamattomat toiminnot	36
3.2 Leanin tausta	37
3.3 Käsitteen ongelmallisuus	38
3.4 Lean-työkalut ja -menetelmät - Toyotan tuotantajärjestelmän rakenne.....	39
3.4.1 JOT ja JIT	40

3.4.2 Jidoka – pysähdy ja korjaa.....	41
3.4.3 Kaizen – jatkuva parantaminen.....	42
3.4.4 5S – toimintaympäristön selkeyttämiseksi	42
3.5 Jatkuvan parantamisen toimintamalli.....	43
3.5.1 PDCA-sykli.....	44
3.5.2 Olennaista PDCA-syklin käytössä.....	46
3.6 Johtamisen merkitys Leanissa.....	46
3.7 Yhteinen asiakas, kommunikaatio ja ryhmätyön merkitys	48
3.8 Yrityskulttuuri ja henkilöstö	49
4 Tuotantoprosessin kehittämisen prosessi	51
4.1 Toiminnan kehittämisen tasot	51
4.2 Nykytilanteen selvittäminen.....	52
4.3 Muutoksen läpivienti.....	52
4.4 Pienillä askelilla	53
5 Tuotannon nykytila	55
5.1 Valmistettavat tuotteet ja asiakkaat.....	55
5.2 Tilaus-toimitusprosessi	59
5.3 Tuotannon ja toiminnan ohjaus.....	61
5.4 Tuotantotilat ja prosessipaikat.....	62
5.5 Tuotantoprosessin osa-alueet ja tehtävät.....	64
5.5.1 Polttoleikkaus	65
5.5.2 Hitsaus	65
5.5.3 Koneistus	66
5.5.4 Maalaus.....	67
5.5.5 Kokoonpano.....	67
5.5.6 Testaus ja lähetys.....	67
5.5.7 Huolto	68
5.6 Materiaalit, alihankinta ja varastointi.....	68
5.7 Tuotannon materiaalivirrat.....	70
5.7.1 Kallistajan prosessikaavio.....	71
5.7.2 Materiaalivirtojen kartoittaminen	72
5.8 Tuotannon haasteet ja ongelmakohdat	74
5.8.1 Ongelmat layoutissa.....	75
5.8.2 Tuotannon mittareiden puuttuminen.....	75
5.8.3 Tuotevariaatiot.....	77
5.8.4 Työn standardointi ja vakiintuneet toimintamallit.....	77

5.8.5 Varastoinnin ongelmat ja niiden vaikutukset.....	77
5.8.6 Tuotannon selkeys ja sujuvuus sekä resurssit.....	78
6 Kehityskohteet.....	79
6.1 Tavoitteet.....	79
6.2 Muutoksissa huomioitavaa.....	79
6.3 Kehitysideoiden valikoituminen	80
6.3.1 Viimeistelyhitsauspiste	80
6.3.2 Osienpesukoneen sijoitus uuteen layoutiin.....	81
6.3.3 Hitsaamon uudistukset.....	82
6.3.4 Askel kohti hitsaamon 5S:n mukaisia työpisteitä.....	84
6.3.5 Varastointi ja KET	86
7 Muutosten vaikutus	87
7.1 Layout muutosten jälkeen	87
7.2 Muutokset kallistajan materiaalivirtauksessa.....	88
7.3 Turvallisuuskulma	89
7.4 Tulevaisuuden layout ja tuotanto	89
7.4.1 Vaiheistettu ja virtautettu kokoonpano	89
7.4.2 Koneistus	92
7.4.3 Muut muutosehdotukset.....	93
8 Tutkimuksen yhteenveto	94
8.1 Tärkeimmät havainnot nykytilasta	94
8.2 Muutosten vaikutukset tuotantoon	95
8.3 Kokonaisuuden tarkastelua	95
8.4 Ehdotukset jatkotoimenpiteiksi.....	97
LÄHDELUETTELO	98

LIITEET:

Liite 1. Nykytilan layout.

Liite 2. Layout muutosten jälkeen.

Liite 3. Tulevaisuuden layout kokonaisuudessaan.

MERKINNÄT JA LYHENTEET

JIT	Just In Time
JOT	Juuri oikeaan tarpeeseen
KET	keskeneräinen tuotanto
PDCA	Plan, Do, Check, Act
TOC	Theory of Constraints
TPS	Toyota Production System

1 JOHDANTO

Työn tavoitteena on selvittää tarkemmin pienten ja keskisuurten metallikonepajayritysten valmiutta nostaa tuotantotehokkuutta lean-periaatteiden avulla. Selvitys tehtiin yhteistyössä Rovaniemellä kaivinkoneiden lisälaitteita valmistavan Marttiini Metal Oy:n kanssa. Työssä selvitetään yrityksen tuotannon nykytila ja tehdään sen pohjalta kehityssuunnitelma. Tavoitteena on nostaa tuotantomäärät lähitulevaisuudessa kaksinkertaisiksi. Työssä paneudutaan vahvasti tuotannossa tapahtuvan toiminnan kehittämiseen materiaalivirtojen ja työvaiheiden kartoittamisen avulla.

Yrityksen tavoitteena on investoida lähiaikoina uusiin tuotantotiloihin, jonka myötä uusiin toimintamalleihin ja -kulttuuriin siirtyminen nähdään luonnollisena askeleena yrityksen kehityksessä. Myynnin vahvat näkymät ja suunniteltu kansainvälisille markkinoille siirtyminen vaatii, että tuotanto on ajan tasalla ja valmis vastaamaan suurempiin tilausmääriin. Leanin jalkauttamisessa on omat haasteensa ja erityisesti pk-yritykset tarvitsevat tähän usein ennakoitua enemmän resursseja ja aikaa. Tavoitteena on luoda Marttiini Metal Oy:lle sopiva malli, jota myös muut saman kokoluokan metallikonepajat voivat soveltaa oman toiminnan kehittämisessä.

1.1 Kohdeyrityksen esittely

Marttiini Metal Oy on rovaniemeläinen konepajayritys, jonka juuret ulottuvat aina 1920-luvulle asti. Hyvät sepän taidot omaava Janne Marttiini valmisti tuolloin puukkojen ohella myös sirpejä, viikatteita ja reen jalaksia. Metalliosaaminen synnytti pajan yhteyteen korjaamon, jossa alettiin myöhemmin suunnittelemaan ja valmistamaan työkoneita metsäalan tarpeisiin. Toiminta laajentui konepajatoiminnaksi vuonna 1967 ja siirtyi samalla omiin tuotantotiloihin. Tänä päivänä Marttiini Metal Oy on erikoistunut maanrakennus- ja metsäalan työkoneiden lisälaitteiden valmistukseen ja sen tärkeimmät tuotteet ovat kaivinkoneiden kauhankallistajat, irtopyörittäjät sekä rototiltit (Kuva 1). (Wanha Marttiini 2011; Marttiini Metal Oy 2020)



Kuva 1. Kaivinkone, jonka puomin ja kauhan väliin on asennettu yrityksen valmistama rototilt. (Marttiini Metal Oy, 2021)

Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2020 noin 2,1 miljoonaa ja se työllisti 16 henkilöä (Suomen Asiakastieto Oy 2021). Tuotanto tapahtuu perinteisen konepajan tiloissa pitkälti käsityönä, mutta suunniteltu kansainvälistyminen vaatii investointeja sekä uudet tuotantotilat, jotta tuotanto voi vastata kasvaviin tilausmääriin. Tällä hetkellä tuotantomäärät riittävät kotimaan markkinoiden tarpeiden kattamiseen sekä satunnaisiin naapurimaiden tilauksiin. Kaikki suunnittelusta lopputuotteeksi tapahtuu saman katon alla, mikä mahdollistaa joustavan ja asiakaslähtöisen tuotannon. Suurimmat kilpailijat löytyvät pohjoismaista. Kilpailijoihin verrattuna liikevaihto on pientä ja yritys kilpaileekin tällä hetkellä tuotteen kestävyydellä ja suojauksella.

Tuotteet varustellaan asiakaskohtaisesti ja asiakas voi halutessaan valita esimerkiksi proportionaalisen ohjausjärjestelmän, pihtilisävarustuksen tai pyöritysanturoinnin. Tuotteita voidaan tehdä monilla eri kiinnityssovitteilla. Tämä mahdollistaa tuotteen markkinoimisen maailmanlaajuisesti ja jokainen kaivinkoneen omistaja on potentiaalinen asiakas. Lisäksi yritys valmistaa pienempiä eriä teleskooppijatkkeita ja varaosia metsäkoneiden puomeihin sekä erikoiskauhoja.

1.2 Tutkimusongelman rajausta ja tutkimuskysymykset

Kohdeyrityksen toiveena on kasvattaa tuotantoa ja liikevaihtoa kaksinkertaiseksi lähitulevaisuudessa. Pohjoismaiset kilpailijat valtaavat markkinoita eikä kilpailussa pärjää vain tuotteen ominaisuuksilla ja hyvällä laadulla. Kotimaiset markkinat vetävät ja tavoitteena on kasvattaa tuotantokapasiteettia niin suureksi, että yritys pystyy tarvittaessa vastaamaan myös ulkomaiseen kysyntään. Suuremman kapasiteetin avulla voidaan myös säilyttää nykyiset toimitusajat ja kilpailukykyinen hintataso.

Tällä hetkellä eräs tuotannon selkeä ongelma on tuotannon virtaus, jonka parantaminen on yksi tärkeimmistä tavoitteista. Lisäksi resurssien ja varaston optimaalinen käyttö ovat selkeitä kehityskohteita. Potentiaalia olisi paljon tuottavampaan kokonaisuuteen ilman suuria investointeja. Työn tekemisen hetkellä maailmantilanteen vuoksi markkinoilla vallitsee suuri epävarmuus, ja näkymät ovat varovaisen optimistiset mutta lyhyet. Yritys haluaa olla valmis vastaamaan asiakaskysyntään, kun maailman taloudellinen tilanne palaa ennalleen.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää keinot, joilla voidaan valmistella tuotantoa suurempiin tuotantomääriin ja nostaa tuotantomääriä nykyisissä tuotantotiloissa ilman, että nykyinen laatu kärsii. Pääpaino on materiaalivirtauksien parantamisessa, tuotannon selkeyttämisessä sekä arvoa tuottavien työvaiheiden optimoimisessa lean-ajattelun avulla. Samalla tavoitteena on selvittää mitä keinoja kohdeyrityksen kannattaa käyttää nyt ja lähitulevaisuudessa, jotta jatkuvan parantamisen trendi saadaan otettua käyttöön, säilytettyä ja kulttuurimuutos pysyväksi. Tarkastelu tapahtuu yrityksen nykytilan selvityksen ja materiaalivirtauksien kartoittamisen avulla. Lisäksi selvitetään tuotteen työvaiheiden sijoittumista tuotannon layoutiin ja etsitään siihen mahdollisia parannuksia.

Tutkimuksen halutaan vastaavan kysymyksiin:

TK1. Millaisia periaatteita ja työkaluja on olemassa tuotannon virtauksen tehostamiseen ja hukkien vähentämiseen?

TK2. Miten yrityksen toiminta tukee näiden periaatteiden ja työkalujen käyttöä?

TK3. Miten Lean-tuotannon periaatteet ja työkalut soveltuvat yrityksen tuotantojärjestelmään?

1.3 Raportin vaiheet

Tutkimus toteutettiin toimintatutkimuksena tehtaan lattiatasossa kokeellisena kenttätutkimuksena. Teoriassa esitetyjä menetelmiä sovelletaan tutkimuksen käytännön osiossa eri ongelmakohtien kehittämiseen.

Alussa esitellään teorian avulla tuotantojärjestelmää, tuotannon tavoitteita ja tuotannon ohjauksen kannalta oleellisia aiheita. Teoriassa käsitellään myös Lean-tuotantoa ja siihen liittyviä käsitteitä ja työkaluja. Teorian näkökulma on haluttu pitää tuotannossa tapahtuvan valmistuksen kannalta oleellisissa asioissa. Aihetta käsitellään kuitenkin laajasti, jotta lukija ymmärtäisi mahdollisimman hyvin yrityksen koko organisaation toimien kytkeytymisen tuotannon tapahtumiin. Tuotantojärjestelmän teoriassa tuodaan esille useita vaihtoehtoja ja esimerkkejä, joiden avulla tutkimusvaiheessa esitettyihin ongelmiin voidaan löytää ratkaisu. Lisäksi käydään läpi tuotannon tehostamista prosessina, sekä siihen liittyviä vaiheita ja haasteita.

Teorian jälkeen esitellään kohdeyrityksen tuotannon nykytilaa. Tässä osiossa käsitellään yrityksen tuotantojärjestelmän rakennetta, tuotannon layoutia ja sen virtauksia, sekä prosessivaiheita yhden tuoteperheen osalta. Lisäksi käydään läpi tuotannon suurimmat kapeikot ja hukkaa tuottavat elementit. Tämän jälkeen analysoidaan tuotannon nykytilaa ja arvioidaan teoriaosuudessa esitettyjen menetelmien soveltuvuutta kohdeyrityksen toiminnan parantamiseen. Lisäksi käydään läpi työn aikana toteutettuja kehitysideoita ja kerrotaan miksi näihin ratkaisuihin on päädytty.

Lopuksi esitellään tulokset. Tuloksissa kerrotaan kehitysideoiden vaikutukset tuotantoympäristöön ja arvioidaan niiden toimivuutta. Niiden pohjalta laaditaan edelleen ehdotuksia tuotannon toiminnan parantamiseksi tulevaisuudessa, käyttäen hyväksi teoriassa esiteltyjä menetelmiä ja työkaluja. Tavoitteena on käynnistää kohdeyrityksessä jatkuvan parantamisen kulttuuri, joilla yrityksen tavoitteisiin päästään. Tämän osion tehtävänä on ohjata kohdeyritystä oikeaan suuntaan ja näyttää mihin pelkästään tämän työn aikana tehdyillä panostuksilla on mahdollisuus päästä.

2 TUOTANTOJÄRJESTELMÄ

Lapinleimu et al. (1997 s. 15) mukaan tuotantojärjestelmän tehtävänä on saada materiaali virtaamaan valmistuksessa tilauksesta toimitukseksi. Heidän kuvauksensa mukaan *tuotantojärjestelmä* koostuu suunnittelujärjestelmästä ja valmistusjärjestelmästä, jonka läpi materiaali virtaa, jolloin se jalostuu tuotteeksi ja sen arvo lisääntyy jalostusarvon verran. Suunnittelujärjestelmä voidaan jakaa operatiiviseen ohjaukseen ja tuotantotekniseen suunnitteluun. Tuotantoteknisen suunnittelun tehtävänä on tuotesuunnittelun avulla luoda valmiudet tuotteen valmistukselle ja operatiivinen ohjaus puolestaan ajoittaa tuotteen valmistamisen oikeaan hetkeen ja tuotannon prosessit. Valmistusjärjestelmässä tuote jalostuu hankituista materiaaleista valmiiksi tuotteeksi asiakkaalle.

Tuotantojärjestelmä jakaantuu moniin tuotantoyksiköihin, joista puolestaan rakentuu tehtaita. Tuotteen ja sen markkinat hallitseva tehdas on yleensä niin sanottu päätehdas, joka toimii järjestelmän ytimenä. Sen ympärille voi rakentua monimutkainenkin toimittajien verkko, jota yhdistää tehtaan suunnittelujärjestelmä, joka ohjaa toimittajien, alihankkijoiden sekä partnereiden toimintaa, kuten myös tehtaan sisäistä valmistusta. Huolimatta siitä onko kyseessä alihankkija, osatoimittaja vai aineustoimittaja, tuotantoverkon selkeys ja suoraviivaisuus vaikuttaa oleellisesti läpäisy aikaan, joka on toivottava ominaisuus. (Lapinleimu et al. 1997 s. 16–19)

Tehtaan tasolla valmistuksen ydinjärjestelmä muodostuu osavalmistuksesta ja kokoonpanosta. Nämä vaativat toimiakseen ympärilleen suunnittelu ja tukijärjestelmiä sekä materiaalin varasto- ja siirtojärjestelmiä. Lisäksi erilaiset ylläpitojärjestelmät tukevat toimintaa. Näitä ovat laadunvarmistus, kunnossapito ja laaduntuntuottokyvyn ylläpito. Kaikkien toimintaa ohjataan ja saatetaan yhtenäiseksi tuotannon ohjaukseen tarkoitetuilla tietojärjestelmillä. (Lapinleimu et al. 1997 s. 19)

2.1 Tuotanto

Tuotanto on perinteisesti jaettu kolmeen osa-alueeseen, joita ovat **hankinta, valmistus ja jakelu**. Yksi määritelmä tuotannolle on ”*asiakkaan tarpeiden tyydyttämistä edistävää toimintaa ja, jonka tuloksena tuotantontekijöiden avulla luodaan aineellisia ja aineettomia hyödykkeitä.*” (Miettinen 1993 s. 11).

Haverila et al. (2009) laajentavat tuotannon määritelmää koskemaan kaikkia toimintoja, jotka osallistuvat tuotteen tai palvelun aikaansaamiseksi markkinoinnin hankkimalle asiakkaalle. Määritelmässä tuotanto kattaa siten myös **markkinoinnin ja asiakaskohtaisen suunnittelun**. Markkinointi vastaa tuotteen spesifikaatioiden määrittelystä ja tilauksen tekemisestä. Asiakaskohtainen suunnittelu kytkee tuotesuunnittelun tuotantoon. Kehitystyö itsessään ei kuulu tuotantoon, mutta se vaikuttaa valmistuksessa tuotteen toteutustapaan, valmistustekniikkaan ja valmistuksen tehokkuuteen. (Haverila et al. 2009 s. 350–351)

2.1.1 Tuotannontekijät

Haverila et al. (2009 s.352) mukaan, *”Tuotannontekijät muodostuvat niistä keskeisistä resursseista, jotka mahdollistavat tuotantotoiminnan.”*. Perinteisesti nämä on jaoteltu seuraavasti: työ pääoma ja materiaali. Miettinen (1993 s. 11–12) antaa esimerkkinä tuotannontekijöistä muun muassa koneet, laitteet ja rakennukset, sekä yrittäjätoiminnan.

Miettinen (1997 s. 11) teollisuusyrityksessä tarkoitukseen erityisesti varatuissa tiloissa tapahtuvaa tuotantoa kutsutaan teolliseksi tuotannoksi. Kyseiset tuotteet ovat myytäviä maksua vastaan ja ne on valmistettu asiakkaan toivomusten tai oman suunnittelun pohjalta. Lisäksi niitä voidaan valmistaa varastoon myöhempää kysyntää tai tilausta varten. Tuotannon asiakaslähtöisyys on ollut jo pitkään esillä ja kirjoittaja nostaakin sen esille jo tuotannon määritelmässään. Kirjoittaja on näin selvästi korostanut sen merkitystä tuotannolle.

Miettinen (1993) jatkaa kertomalla, miten asiakaslähtöisyys on osana liiketoimintalueita ja vaikuttaa siten yrityksen toimintatapoihin ja edelleen tuotantoon. Tuotanto on siten vahvasti yhteydessä yrityksen muihin päätoimintoihin. (Miettinen 1993 s.12)

Samoin kuin Miettinen (1993) ja Haverila et al. (2009) edellä totesivat, myös Lapinleimu et al. (1997 s. 37) korostavat tuotannon merkitystä päätoimintojen kehittämisessä ja ylläpitämisessä. Kirjoittajien mukaan yrityksen menestys riippuu siitä, miten hyvin se omistautuu kaikkien yrityksen toimintojen kehittämiseen. Tuotanto on yksi neljästä yrityksen **päätoiminnosta**. Muita päätoimintoja ovat tuotekehitys, markkinointi ja jälkimarkkinointi. Toiminnot tukevat toisiaan eivätkä ne hyödytä yritystä yksinään. Tasapuolinen kehitys tarkoittaa sitä, että jokaisen osa-alueen on nähtävä oma toimintansa siten, että se hyödyttää yrityksen muita toimintoja. Tuotannon tehtävänä on toimia koko

yritystä hyödyttävänä palvelutoimintona, jonka kehitystavoitteina ovat palvelukykyä kasvattava nopeus ja joustavuus.

2.2 Tuotekehitys merkittävänä osana tuotantoa

Haverila et al. (2009 s. 350–351) esittämä tuotannon määritelmä kytkee tuotesuunnittelun osaksi tuotantoa. Asiakslähtöinen suunnittelu toimii yhdistävänä tekijänä asiakkaan tarpeiden viemisessä tuotantoon ja sillä on siten suuri rooli tuotteen valmistuksessa.

Asiakkaalle tärkeät ominaisuudet kuten visuaalisuus, koko ja väri ovat konkreettisesti havaittavia ja ensisijaisen tärkeitä asiakkaan tarpeen tyydyttämiseksi. Kaikkien asiakastarpeiden täyttäminen voi kuitenkin johtaa tilauskohtaiseen suunnitteluun, mikä puolestaan hidastaa tilauksen toimitusta huomattavasti. Modulaarisella tuotteella voidaan kuitenkin tyypillisesti täyttää 95 % asiakkaiden tarpeista ja samalla saavuttaa massatuotannon etuja verrattuna yksittäistuotantoon. Moduloinnin avulla voidaan valmistaa räätälöityjä tuotteita asiakkaiden tarpeisiin ja samalla kuitenkin pitää tuotannossa tarvittavien erilaisten komponenttien määrä alhaisena. Modulointi on strateginen valinta ja sen käyttö vaatii asiakkaan, suunnittelun, valmistuksen ja logistiikan tarpeiden huomioon ottamisen. (Soronen 1999 s. 7–19)

Tiainen (1996 s. 42–44) mukaan tuotemalliston nopea muuttaminen Lean-tuotannon mukaiseksi vaatii pientä pääomasidonnaisuutta sekä sisäänrakennettua yritysstandardointi- ja tuotemodulointijärjestelmää.

Näillä palvelullaan ennen kaikkea yrityksen sisäistä tarvetta. Moduloinnin hyödyt tulevat esiin etenkin silloin, kun on tarve joustavuuteen ja suurempiin muutoksiin, suurta tuotekirjoa halutaan selkeyttää valmistuksen kannalta, suuret komponenttimäärät aiheuttavat tehtaassa epäjärjestystä sekä suurta sitoutunutta pääomaa ja kokonaisläpäisy aika on suuri. (Tiainen 1996 s. 51)

Rajoittavina tekijöinä Tiainen (1996 s. 51–60) listaa muun muassa erikoistoivomusten toteuttamisen. Kyseiset tilaukset aiheuttavat tuotantoon runsaasti poikkeavaa työtä ja erikoisjärjestelyjä. Tuotekehityksellä on ratkaiseva merkitys tuotteen lopullisten kustannuksien kannalta. Suunniteltu konstruktio vaikuttaa tuotteen valmistukseen ja materiaaleihin. Myös laatu sisältyy jo suunnitteluvaiheessa tuotteeseen. Konstruktioilla on

myös suuri vaikutus moduloinnin avulla tuotteesta saatavien variaatioiden määriin. Suuri variaatioiden määrä ei kuitenkaan takaa menestystä, sillä markkinoiden on täytettävä moduloinnille asetettavat vaatimukset.

2.3 Tuotannon tavoitteet

Tuotanto painii palvelukyvyyn, kustannusten ja laadun ristipaineissa. Näistä muodostuvat tuotannon tavoitteet. Palvelukykyyn sitoutuvat tavoitteet ovat *lyhyt ja varma toimitusaika, joustavuus ja asiakkaiden toiveiden toteuttaminen*. Asiakas arvostaa lyhyttä ja varmaa toimitusaikaa. Se kertoo myös joustavuudesta, jolla päästään eroon ennusteriippuvaisuudesta sekä epäkuranteista varastoista ja kyetään reagoimaan nopeammin. Asiakkaiden toiveiden toteuttaminen edellyttää kykyä valmistaa nopeasti, tilausten perusteella ja korkealla laadulla. (Lapinleimu et al. 1997 s. 37–38; Miettinen 1993 s. 13–14)

Laadulla ja ympäristöystävällisyydellä pyritään vaikuttamaan *imagoon* ja asiakkaan mielipiteeseen yrityksestä ja sen tuotteesta. Imagoon voidaan vaikuttaa tuotteella, toiminnan tasolla ja palvelukyvyllä. Varsinkin tuotteen ulkoinen laatu heijastuu asiakkaan mielipiteeseen yrityksestä ja sen tuotteesta. Lisäksi kasvanut ympäristötietoisuus tulee ottaa huomioon omassa toiminnassa, sillä sen vaikutukset imagoon ovat suorat. (Lapinleimu et al. 1997 s.39–40; Miettinen 1993 s. 14)

Miettinen (1993 s. 14) jakaa laadun sisäiseen ja ulkoiseen laatuun. *Sisäinen laatu* näkyy tuotannon sisäisissä valmistusprosesseissa esimerkiksi virheellisten osien määränä. Sisäisen laadun varmistamisella voidaan merkittävästi vähentää muun muassa työ- ja materiaalikustannuksia. *Ulkoinen laatu* puolestaan näkyy asiakkaalle lopputuotteessa ja palvelussa. Ulkoinen laatu mittaa miten hyvin kyetään täyttämään asiakkaan tuotteelle asettamat toiveet ja vaatimukset.

Kustannustavoitteiden saavuttamisessa edellä mainittujen tavoitteiden osalta on löydettävä tasapaino. Joustavuuden ja kustannustehokkuuden välillä vallitsee ristiriita: suurempi erä on halvempi valmistaa, mutta ylimääräinen varasto puolestaan sitoo turhaa pääomaa. Sisäinen laatu puolestaan vaikuttaa prosessissa syntyvien virheiden kustannuksina. Ulkoisen laadun halutaan vastaavan asiakkaan odotuksia, mutta sen tulee olla samalla tarkoituksen mukainen. Lopulta kuitenkin markkinahinta määrittää yrityksen

katteen myynneistä. Markkinahintaan ei yleensä voida vaikuttaa, mutta kustannusten hallitsemiseen yrityksen sisällä taas voidaan. Pienemmillä kustannuksilla saadaan suurempi kate ja tuotanto pääsee tavoitteeseen. (Lapinleimu et al. 1997 s. 38–40; Miettinen 1993 s. 14)

Olennaista kirjoittajien mukaan, on pyrkiä korkeaan, tasaiseen laatuun, joka vastaa asiakkaan vaatimuksia. Tuotannon korkeat kustannukset pakottavat tuottamaan hyviä tuotteita laadullisesti ja se on olennaista kannattavuuden osalta. Hyvän laadun tekijöitä ovat peruslaatu, johon vaikuttaa muun muassa oikea mitoitus, toimivuus ja soveltuva materiaali. Lisäksi tuotteen toteutuslaadun on vastattava suunniteltua ja sen on oltava esteettisesti oikeanlainen. Toiminnan kannalta epäoleelliset yksityiskohdat vaikuttavat tuotteen kokonaisuuden luomaan laadun vaikutelmaan. (Lapinleimu et al. 1997; Miettinen 1993)

Tuotannossa laatuun vaikuttavat valmistusmenetelmät ja tuotantojärjestelmän toimivuus. Automaatiolla voidaan tasata valmistuksen hajontaa, mutta se ei itsessään poista virheitä. Automaation tuottaessa virheettömiä tuotteita myös laatu paranee pääsääntöisesti. Myös inhimillinen tekijä vaikuttaa laatuun. Kokenut työntekijä tuottaa korkealaatuisia tuotteita, toisaalta väsymys ja tarkkaamattomuus aiheuttavat vaihtelua tuotannossa. (Lapinleimu et al. 1997 s. 38–40; Miettinen 1993 s. 13–14)

2.3.1 Tuotannon välitavoitteet

Tuotannon välilliset tavoitteet tulevat esiin, kun tuotannon korkea palvelukyky ja taloudellisuus otetaan samaan yhtälöön. Lapinleimu et al. (1997 s. 41–42) listaavat eräiksi tuotannon välitavoitteiksi läpäisyajan, kerralla valmiiksi -periaatteen, lyhyet asetusajat, sisäisen asiakkuuden, JOT-tuotannon, Leanin, automaation sekä modulaarisuuden.

Välitavoitteiden toteutumisella ei ole asiakkaalle merkitystä. Niillä on kuitenkin merkitystä asiakkaan toiveiden toteutumiseen. Välitavoitteiden toteutuminen ei näy tuotteessa mutta kustannuksissa kylläkin. Välitavoitteiden merkitys on korostunut vuosien aikana merkittävästi ja niiden pohjalta on syntynyt useita johtamisoppeja, joista tärkeimpinä mainitaan aikajohtaminen (Time Based Management) ja laatujohtaminen (Total Quality Management), joista kumpikin keskittyvät hyvin yksipuolisesti oman alueen parantamiseen. Kirjoittajat varoittavatkin yksipuolisuuden ja yhden asian korostumisen ismeissä ja tavoitteina niiden käyttämisessä olisikin nostaa tärkeitä asioita

yleiseen tietouteen. Ismejä voidaan ja tuleekin soveltaa, mutta mielellään niiltä osin, kuin ne niihin soveltuvat. (Lapinleimu et al. 1997 s. 41)

2.3.2 Läpäisy aika

Jonkin kokonaisuuden tekemisen aloittamisesta valmiiksi saamiseen kulunutta aikaa kutsutaan läpäisyajaksi (Lapinleimu et al. 1997 s. 53). Läpäisy aika ei itsessään kuitenkaan kerro tuotteen valmistamiseen kuluvaa aikaa, sillä siihen sisältyy myös odotus- ja asetusajat sekä muut häiriöt. Läpäisyajoilla on suuri painoarvo yrityksen kilpailukyvyn ja toiminnan kehittämisessä, ja siitä onkin tullut keskeinen tavoite tuotannon kehittämisessä. (Haverila et al. 2009 s. 401)

Läpäisy aika on yksi tärkeimpiä tehokkuuden mittareita. Esimerkiksi asiakasohjautuvan tuotannon kannalta lyhyt läpäisy aika on oleellinen, jotta asiakkaan toivomiin toimitusaikoihin päästään. Läpäisy aika voidaan määritellä suuremmille kokonaisuuksille kuten tilauksesta toimitukseen, jolloin puhutaan kokonaisläpäisyajasta tai vain tietyille osakokoonpanoille valmistuksessa. (Lapinleimu et al. 1997 s. 53–57)

Lyhyt läpäisy aika kertoo joustavasta tuotannosta, jossa keskeneräisen työn määrä on pieni. Tällöin tuotannossa on vähemmän tilauksia ja niiden valmistus tapahtuu ennemmin peräkkäin kuin rinnakkain. Tämä myös vähentää tuotantoon sitoutunutta pääomaa. Poikkeuksia on tehtävä etenkin pitkän toimitusajan komponenteille. Niiden osalta nopeita aikataulumuutoksia ei voi tehdä ja pahimmillaan toimituskatkokset keskeyttävät oman tuotannon kokonaan. (Lapinleimu et al. 1997 s. 53–57)

Läpäisy aika ei itsessään muuta työkustannuksia sillä kaikki työ aika sisältyy läpäisy aikaan. Lapinleimu et al. (1997 s. 53–57) mukaan läpäisy aikaan keskiraskaassa ja raskaassa tuotannossa voidaan vaikuttaa lähinnä eräko'oilla ja osavalmistuksen vaiheketjuja lyhentämällä. Muutokset kohdistuvat silloin joko koneisiin tuotteen konstruktioihin tai valmistusvaiheita yhdistämällä. Raskaammassa tuotannossa vaihe aikojen olleessa pitkiä itse työmenetelmien kehittämisellä voidaan parhaiten lyhentää läpäisy aikaa.

2.4 Toiminnan- ja tuotannonohjaus

Yritys on monimuotoinen kokonaisuus, jonka tavoitteena on ohjata sen erinäisiä toimintoja ja tehtäviä siten, että siihen liittyvien päätösten tavoitteena on tuotannon toteutuminen parhaalla mahdollisella tavalla. Kokonaisuuden ohjaus perustuu yrityksen valitsemaan strategiaan ja liiketalouden periaatteisiin. (Haverila et al. 2009 s. 397)

Haverila et al. (2009 s. 398) mukaan, kokonaisuuden ohjaus on liiketoiminnan tavoitteiden, yrityksen keskeisten toimintojen ja resurssien yhteensovittamista. Samalla liiketoiminnan tavoitteiden saavuttamiseksi markkinoinnin, hankintojen, valmistuksen, varastojen, tuotesuunnittelun ja jakelun resurssit on sovittava yhteen toimivaksi kokonaisuudeksi.

2.4.1 Toiminnanohjaus

Haverila et al. (2009 s. 397) mukaan **toiminnanohjauksella** tarkoitetaan yrityksen tilaus-toimitusketjun eri toimintojen ja tehtävien kokonaisuuden hallintaa ja suunnittelua. Toiminnanohjaus on korvannut osin tuotannonohjauksen käsitteenä, sillä yrityksen ohjaus edellyttää sen muidenkin osa-alueiden kuin pelkästään tuotannon ohjaamista. Tuotteiden suunnittelun ja valmistuksen ohjausta kutsutaan puolestaan valmistuksenohjaukseksi.

Johtamisen näkökulmasta toiminnanohjaus jakaantuu kolmeen eri tasoon. Haverila et al. (2009 s. 349–350) mukaan ne ovat strategiset päätökset, tuotannon systeemeihin ja järjestelmiin liittyvät asiat sekä itse toiminnanohjaukseen liittyvät asiat. Strategiset päätökset toteutuvat pitkällä aikajänteellä ja ne määrittävät olennaisesti yrityksen linjauksia muissa päätöksissä. Strategisiin päätöksiin kirjoittajat lukevat esimerkiksi uusien tuotantolaitosten rakentamisen. Nämä päätökset rajaavat olennaisesti tuotantosysteemin ja siihen liittyvien järjestelmien toimintaa. Tuotantojärjestelmään liittyvien päätösten teossa pääpaino on luoda yritykselle parhaat mahdolliset edellytykset kilpailukyvyyn säilyttämiselle ja kehittymiselle pitemmällä aikavälillä. Ohjaustason päätökset tehdään puolestaan lyhyellä aikavälillä ja tehokkaasti. (Haverila et al. 2009 s. 349–350)

Vaikka ylemmän tason päätökset rajoittavat alemman tason päätösten mahdollisuuksia, on niiden silti tuettava toisiaan ja oltava yhdenmukaisia. Toiminnan johtamisen on

tuettava yrityksen pitkän tähtäimen toimintamallia, jotta kilpailukyky säilyy ja kehittyminen jatkuu. (Haverila et al. 2009 s. 349–350)

2.4.2 Toiminnanohjauksen tavoitteet ja tehtävät

Tavoitteiden asettamisen raja määritetään karkeasti budjettisuunnittelussa, jonka pääpaino on yrityksen taloudellisen tuloksen suunnittelussa. Suunnitelman perusteella voidaan arvioida tarvittava tuotantomäärä, josta syntyy valmistusbudjetti. Valmistusbudjetin perusteella voidaan laskea tuotannon kapasiteettitarve ja materiaalimenekki. Myyntikate, käyttökate ja jalostusarvo käyvät taloudellisen toiminnan tehokkuuden mittaamiseen. Tämän lisäksi käytetään myös yrityskohtaisia yleisiä oman toiminnan mittareita, joita ovat esimerkiksi laadun, toimitusvarmuuden, tehokkuuden ja tuottavuuden tunnusluvut. Toiminnanohjaamisessa tunnusluvut ovat avainasemassa, jotta tuotannon keskeisten tavoitteiden saavuttamisessa onnistutaan ja muuttuneeseen tilanteeseen kyetään reagoimaan. (Haverila et al. 2009 s. 398)

2.4.3 Tuotannonohjaus

Lapinleimu et al. (1997 s. 15) mukaan tuotantojärjestelmän tavoitteena on ”*saada materiaali virtaamaan valmistuksessa tilauksesta toimitukseksi.*” Tuotannon perusjärjestelmä koostuu valmistusjärjestelmästä, joka käsittää valmistuksen eli jalostaa materiaalin tuotteeksi asiakkaille ja suunnittelujärjestelmästä, joka puolestaan jakaantuu operatiiviseen suunnitteluun ja tuotantotekniseen suunnitteluun.

Lisäksi tuotantojärjestelmä käsittää markkinoinnin, myynnin ja logistiikan. Kaikkia näitä tuotantojärjestelmän eri osia **tuotannonohjaus** pyrkii sopeuttamaan yhteen tuotantotavoitteiden saavuttamiseksi. (Miettinen 1993 s. 23)

Käytännössä *tuotannonohjauksen tehtävänä* on selvittää tuotannon nykyinen kapasiteetti ja laatia sen perusteella tuotantosuunnitelma. Samalla tuotannonohjaus selvittää alihankkijoiden toimitusmahdollisuudet ja välittää myynnille reaalisen tuotantotilanteen. Myynnistä saatujen tilausten perusteella tuotannonohjaus tekee materiaalitilaukset ja antaa valmistukselle valmistusimpulssin. (Lapinleimu et al. 1997 s. 193–194)

Tuotannonohjauksen tavoitteena on Miettisen (1993 s. 24) mukaan tuotannosta riippuvien tuotantojärjestelmien ohjaaminen niin, että yritys siltä osin voi saavuttaa päämääränsä ja

tavoitteensa. Tähän vaikuttavat tuotannonohjauksen päätekijät, joita ovat toimitusaika, toimitusvarmuus, valmistuskustannukset, kapasiteetin hallinta ja sitoutunut pääoma.

Lapinleimu et al. (1997 s. 192) mukaan tavoitteita ovat muun muassa vastuu siitä, että tuotantosuunnitelma on laadittuna, tieto suunnitelman sisällöstä välittyy kaikille toteuttaville osapuolille ja vältetään ennen aikaisilta ostoilta, joista pääse sitoutumaan turhaa pääomaa varastoihin.

Tuotannonohjauksen tekemät päätökset vaikuttavat merkittävästi yrityksen toimintaan. Valmistusimpulssia seuraa ostoja ja kapasiteettia sitoutuu työhön. Ajoitus on tärkeää ja päätöksen tulee olla harkittu. Siitä syystä valmistuspäätös tulee yleensä hyväksyä yrityksen johdolla. Kyseessä on laaja kokonaisuus ja tuotannonohjaus onkin usein ennemmin toiminto kuin yksittäinen organisaation yksikkö ja siten suurin osa siihen kuuluvista toiminnoista jakaantuukin suorittaville yksiköille koko organisaation yli. (Lapinleimu et al. 1997 s. 191–192)

2.5 Ohjaustavat

Lapinleimu et al. (1997 s. 205–220), mukaan valmistuksen ohjaus ohjaa layoutissa tapahtuvaa materiaalivirtaa. Ohjaustapoja on erilaisia ja ne valikoituvat yleensä tuotteen rakenteen ja materiaalien perusteella. Myös layout vaikuttaa käytettävään ohjaustapaan ja päin vastoin. Yleensä erilaisia ohjaustapoja sovelletaan valmistusyksiköittäin parhaan ohjattavuuden takaamiseksi. Ohjauksen tavoitteena on visuaalisuus ja selkeys. Pitkät asetusajat ja erilaiset valmistusmenetelmät asettavat vaatimuksia ohjaustavan valitsemiseen. Tällaisissa tapauksissa turvaudutaan usein moneen erilaiseen ohjaustavan käyttöön tuotannonohjaukseen toteuttamiseksi toimivana kokonaisuutena. Myös puskurivarastoja tarvitaan tasoittamaan eri ohjaustapojen yksiköiden välistä vaihtelua.

Näitä valmistuksen valmiuksien tietoja saadaan muun muassa MOB- (Make Partner Buy), ja ABC-analyysin avulla. MOB-analyysillä selvitetään komponenttien laadun ja kustannuksien kannalta, tehdäänkö ne itse, hankitaanko ne alihankinnalla vai ostetaanko komponentit. ABC- analyysi jakaa komponentit hinnan, hankittavuuden, läpäisyajan sekä erikoisominaisuuksien mukaan kolmeen eri luokkaan A kalliit osat, B ei osata sanoa ja C halvat osat. Kaksijakoinen AC-analyysi on edellistä selkeämpi. (Lapinleimu et al. 1997 s. 205–208)

IXV-analyysi jakaa materiaalit niiden ohjaustavan mukaan tilausohjattaviin (I), varasto-ohjattaviin(V) ja erikoisohjattaviin(X). Tilausohjauksella varastot ovat pieniä tai niitä ei ole. Tarvittavat materiaalihankinnat perustuvat valmistettaviin määriin. Varasto-ohjauksessa osia pidetään varastoissa ja niitä tilataan lisää, kun niiden määrä laskee alle halutun rajan. Erikoisohjausta käytetään, kun edelliset eivät onnistu. Esimerkiksi komponentin pitkät toimitusajat suhteessa tuotteen läpäisy aikaan vaativat komponentin tilaamista ennusteiden perusteella ennakoon. Erikoisohjaus on työläs ja riskialtis toteuttaa. (Lapinleimu et al. 1997 s. 208–210)

IXV-analyysissä on otettava huomioon ABC-analyysissä saatuja tuloksia. Toimitusajat, varastointi, materiaalin kriittisyys ja taloudelliset erät ovat hyviä näkökulmia, joiden perusteella analyysia kannattaa alkaa tekemään. Luokittelujen perusteella voidaan alkaa rakentamaan valmistusyksikkökohtaisia ohjaustapoja niiden materiaali- ja komponenttitarpeen mukaan. (Lapinleimu et al. 1997 s. 208–216)

Myös yhteinen resurssi on usein määräävä tekijä eri valmistusyksiköiden ohjauksessa. Tärkeää yhteisen resurssin tapauksessa on selkeät säännöt sen käytössä. Esimerkiksi pullonkaularesurssin optimaalinen käyttö tuoteperhekohtaisilla valmistuserillä. (Lapinleimu et al. 1997 s. 220)

2.5.1 Työntöohjaus

Perinteistä tuotannonohjauksen mallia kutsutaan työntöohjaukseksi. Se perustuu siihen, että jokainen työvaihe saa aikataulun. Aikataulut perustuvat ennusteisiin mitä tuleva työvaihe eli asiakas tarvitsee tuotannossaan. Edellinen työvaihe valmistaa siis arvioimansa määrän ja työntää valmistetun määrän seuraavalle työpisteelle. Ennusteet pitävät harvemmin paikkaansa. Joskus valmistetaan liikaa ja joskus kysyntä on oletettua suurempaa ja on valmistettu liian vähän seuraavan työvaiheen tarpeisiin nähden. (Rother ja Niemi 2011 s. 84)

2.5.2 Imuohjaus eli Kanban

Toyotan imuohjaus eli *Kanban* perustuu siihen, että tuotanto valmistaa vain sen mitä asiakas on todellisuudessa käyttänyt. Toisin sanoen asiakas luo tuotantoimpulssin ottamalla tarvitsemansa määrän edelliseltä tuotantovaiheelta. Edellinen tuotantovaihe aloittaa vasta sitten tuotannon täyttääkseen asiakkaan luoman tyhjiön valmistusvaiheiden

välillä. Näiden kahden valmistusvaiheiden välillä on siten asiakas-tuottaja-suhde, mikä säätelee tuotantoa. Tämä irrottaa tuotannon aikataulutuksesta mikä puolestaan on työntöohjauksen periaate. (Rother ja Niemi 2011 s. 84–85)

2.5.3 Virtautettu tuotanto

Tuotteen mukainen organisaatio, layout sekä ohjaus luovat edellytykset tuotantovirran jatkuvuudelle. Aulangun (1988 s. 44–45) mukaan tällaisessa tuotannossa virtaus saadaan aikaan joko imuohjauksella tai työntöohjauksella, jota kutsutaan myös paineohjaukseksi. Virtautetun tuotannon aikaansaaminen on helpompaa, mikäli tuotteet ovat yhtenäisiä. Variaatioiden kasvaessa vaatimukset koneiden ja asetusaikeiden puolesta kasvavat. Tällöin virtautetun tuotannon toteuttaminen onnistuu vain osittain. Lyhyet asetusajat ja koneiden tehokas käyttö kertovat siitä, että tuotteista saadaan laadukkaita ja niiden valmistus on hyvin hallinnassa. Kuitenkin pienikin virhe tuotannossa voi keskeyttää virtauksen ja sekoittaa aikataulutuksen. Siksi kokonaisvaltainen laadunohjaus on olennainen osa onnistunutta virtautettua tuotantoa.

Miettisen (1993 s. 53) mukaan virtautettua tuotantoa tulee lähteä rakentamaan jakamalla valmistusta pieniin ja helposti hallittaviin ryhmiin. Tällä hän tarkoittaa, että funktionaalisista ryhmistä tulisi siirtyä tuotantoa suoraviivaisesti eteenpäin vieviin soluihin tai pieniin tuotantolinjoihin. Näissä tapauksissa ohjaus voi tapahtua yksinkertaisesti visuaalisesti solun tai tuotantolinjan tasolla, joka kuormittaa itse itsensä eikä siinä ole sisäisiä välivarastoja.

2.6 Tuotannonohjaukseen vaikuttavia tekijöitä

Tuotannon määritelmässä tuotiin esille tuotannon tavoitteita, kuten asiakkaiden tarpeiden tyydyttäminen ja hyödykkeiden luominen. Tuotanto kattaa suuren osan yrityksen toiminnoista, kuten hankinnan, valmistuksen ja jakelun. Pelkästään näistä osa-alueista voidaan päätellä, että tuotannonohjaukseen vaikuttaa moni asia. Tässä kappaleessa niistä tärkeimmät käydään tarkemmin läpi samalla avaten tuotannonohjaukseen liittyviä käsitteitä.

2.6.1 Asiakas

Tuotannon määritelmässä tuotiin aiemmin esille asiakkaan merkitys. Sama pätee myös tuotannonohjauksessa. Miettisen mukaan (1993 s. 27) asiakkaalla on valinnanvaraa ja asiakkaan toiveiden huomioonottamisella on suuri merkitys kilpailuilla markkinoilla. Asiakasohjautuvuuden aste vaihtelee suuresti teollisuudenalasta riippuen. Massatuotannossa yksittäisellä asiakkaan mielipiteellä ei ole suurta merkitystä tuotantoon. On kuitenkin otettava huomioon asiakkaiden keskuudessa vallitsevat trendit. Esimerkiksi ympäristönäkökulmien korostuminen voi ohjata tuoterakenteen muutoksia. Asiakasohjautuvuudessa informaation siirtymisellä on suuri vaikutus. Jotta asiakkaiden toiveet välittyisivät tuotantoon asti, vaatii se tuotantojärjestelmiltä yhtenäistä käsitystä ja tiivistä keskustelua. Tuotannon vastaaminen asiakkaiden muuttuviin toiveisiin vaatii nopeita muutoksia. Tässä etuna ovat modulaariset tuotteet, joiden muokkaaminen asiakkaan toiveiden mukaisesti voidaan tehdä tuotannon loppupäässä.

Kajaste & Liukko (1997 s. 8–9) mukaan ”*Toiminnan kehittämisen lähtökohta on asiakkaalle aikaansaattava arvo, joka muodostuu kolmesta tekijästä: laatu hinta ja aika.*” Asiakkaiden tarpeista lähtevä tuotteiden kehittäminen tapahtuu markkinoinnin tuotesuunnittelun ja tuotannon yhteistyönä. Samanaikaisilla toiminnoilla virheiden määrä vähenee ja tuotekehitysajat lyhenevät. Sekä yrityksen, että asiakkaan tarpeet huomioon ottaen myös toimitusaika, toimitusvarmuus ja kyky reagoida muutoksiin ohjaavat yritysten toimintaa. Tähän päästäkseen koko yrityksen henkilöstöllä on oltava yhteinen käsitys asiakkaasta ja sen tarpeista. Tähän päästään luomalla asiakaskontakteja kaikille yrityksen eri tasoilla työskenteleville.

2.6.2 Tuotantomuoto

Miettinen (1993 s. 29) määrittelee tuotantomuodon tuotannon luokituksena, sen mukaan miten tuotanto toteutetaan. Kirjoittajan mukaan luokittelu voidaan tehdä kolmella eri tavalla: *tuotantoaloitteen* syntyvän mukaan, *tuotteen* mukaan tai *tuotantoprosessin* jatkuvuuden mukaan. Päätöksellä on suuri vaikutus yrityksen toiminnan johtamisen eri tasoihin eli strategiaan päätöksiin, systeemeihin ja järjestelmiin sekä toiminnan ohjaukseen (Haverila et al. 2009 s. 353).

Tuotantoaloitteella Miettinen (1993 s. 29) tarkoittaa minkälaisen impulssin vaikutuksesta tuotanto alkaa. Näitä ovat muun muassa *asiakasohjautuva tuotanto* ja *varastotuotanto*.

Asiakasohjautuva tuotanto saa valmistusimpulssin asiakkaan tekemästä tilauksesta, kun taas varasto-ohjautuva tuotanto käynnistyy varastojen täydennystarpeesta.

Lapinleimu et al. (1997 s. 353–354) mukaan, asiakasohjatuvasa tuotannossa varastoon valmistaminen ei ole mahdollista, sillä tuotteen konstruktio määritellään jo tilausvaiheessa, kun taas varasto-ohjatuvasa valmistuksen tuotteet ovat usein kulutushyödykkeitä, jolloin asiakkaan tarpeen tulee täyttää heti. Kirjoittajat liittävät tuotantomuodot tuotantostrategioiksi, joita käsitellään myöhemmin lisää.

Miettinen (1993 s. 29–30) jakaa tuotantomuodot myös tuotteen mukaan *vakio- ja tilaustuotannoksi*: näkökulmana tässä on tuotteen käyttäytyminen tuotannossa suhteessa asiakkaaseen. Karkeasti ajateltuna vakiotuotannossa tuote pysyy samana eri asiakkaille, kun taas tilaustuotannossa tuote muuttuu asiakaskohtaiseksi.

Haverila et al. (2009 s. 353) mukaan tilaustuotteet ovat ainutkertaisia, jotka valmistetaan aina asiakkaan haluaman suunnitelman ja toteutustavan mukaan. Vakiotuotannossa tuotteen konstruktio ja ominaisuudet säilyvät pääosin samoina. Vakiotuotantoa ovat esimerkiksi autoteollisuuden, vaateteollisuuden ja tietokoneteollisuuden tuotteet, eli erinäiset kulutustavarat. Asiakkaalla on tapauksesta riippuen jonkinlainen mahdollisuus vaikuttaa eräkohtaisiin ominaisuuksiin tilausvaiheessa. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi taideteokset, laivat tai tietojärjestelmät.

Tuotantoprosessin mukaan tehtävässä jaottelussa, tuotannon jatkuvuutta tarkastellaan valmistusprosessin näkökulmasta. Tällöin jako tapahtuu *yksittäis-, sarja- tai yhtenäistuotantoon*. Yksittäistuotannon tuotteet ovat sellaisia, joita ei voida tai haluta valmistaa varastoon. Tällaisia ovat esimerkiksi laivateollisuuden ja elintarvikealojen tuotteet. Sarjatuotannon tehokkuus perustuu yhden erän valmistamiseen tuomiin aikasäästöihin muun muassa asetusajkojen poistamisella eri tuotteiden välillä. Tuotannon toistuvuudella myös oppiminen tukee tuotteen sujuvaa valmistamista. Sarjavalmistuksessa yhden sarjan eli eräkoon suuruus määräytyy asetus- ja vaihtoaikojen kustannusten perusteella. Suuret kustannukset kannustavat valmistamaan tuotetta suuremmissa sarjoissa. (Haverila et al. 2009 s. 355; Miettinen 1993 s. 30)

Yhtenäistuotannolla eli massatuotannolla Miettinen (1993 s. 30) viittaa usein kemianteollisuudessa esiintyvään jatkuvaan prosessituotantoon ja liukuhihnatyyppiseen kappaletavaruustuotantoon. Haverila et al. (2009 s. 355) painottaa, että

valmistusjärjestelmän suunnittelu on tapahtunut erityisesti tuotetta silmällä pitäen. Saman valmistusjärjestelmän avulla voidaan valmistaa saman tyyppisiä tuotteita muttei kahta eri tuotetta samanaikaisesti.

Haverila et al. (2009 s. 355) mukaan tuotantoprosessi perustuu harvemmin puhtaasti yhteen tuotantomuotoon. Kirjoittajien mukaan sekatuotanto on suomalaiselle koneenrakennukselle tyypillistä. Yhtenä esimerkkinä kirjoittajat mainitsevat eräkoon vaikutuksen ohjaustapaan. Pienet erät toimitetaan suoraan varastosta, kun taas suuremmat erät tehdään asiakasohjautuvasti. Edellä esitettyjä näkökulmia tuleekin tarkastella, niin koko tuotantojärjestelmän, kuin pienempienkin yksiköiden osalta erikseen, jotta sopiva tuotantomuoto saadaan valittua kuhunkin tilanteeseen sopivaksi.

Muita tuotantomuotoon tai -tyyppiin vaikuttavia ominaisuuksia löytyy itse tuotteesta. Lapinleimu et al. (1997 s. 43–44) mukaan, näitä ominaisuuksia ovat hyödykelaji, tuotteen valmistusmäärät, tuotannon toistuvuus ja raskaus. Hyödykelajilla tarkoitetaan, kuinka tuotteen kysyntä ilmenee ja kuinka lähellä loppuasiakas on valmistajaa. Hyödykkeet voidaan jakaa investointi-, kestokulutus ja kulutushyödykkeisiin. Investointihyödykkeiden valmistusmäärät jäävät usein vähäisiksi tai kertaluontoisiksi, mutta asiakaskohtaisen suunnittelun osuus on suuri, kun taas kestokulutushyödykkeiden ja kulutushyödykkeiden osalta tavoitteena on suuremmat valmistuserät tai jopa massatuotanto. Näissä tapauksissa asiakaskohtainen räätälöinti ei usein ole mahdollista, mutta variantteja saadaan aikaan modulaarisuudella. Tuotantojärjestelmien joustavuudella ja nopeudella myös suurempien tuotantomäärien valmistukseen on pyritty saamaan vaihtelua.

2.6.3 Toimintastrategia

Yrityksen valmistama tuote vaikuttaa oleellisesti paitsi tuotantomuotoon, myös sen toimintastrategiaan. Perusvaihtoehtoina Aulanko (1988 s. 12–13) luettelee varasto-ohjautuvan tuotannon, asiakasohjautuvan tuotannon ja tilauskantaohjautuvan tuotannon. Strategian valinnalla on suuri merkitys yrityksen toiminnan kannalta ja sen tulisikin määritellä pitemmän tähtäimen toimintamalli. Näin ollen äkkinäisiä muutoksia strategiaan ei voida tehdä ilman perustavanlaatuisia muutoksia yrityksen kulttuuriin, tuotteisiin tai tuotantomuotoihin. Tällaisia nopeita päätöksiä tehdään yleensä vain saneeraustilanteissa. Strategisen suunnittelun tulisi olla jatkuvaa. Tällä kirjoittaja haluaa

selventää, että vaikka strategian tulisi noudattaa peruslinjaa, on varottava, ettei aika aja toimintatavasta ohitse ja yritys jää umpikujaan vanhentuneilla toimintatavoilla.

Varasto-ohjautuva tuotantomalli perustuu myyntiennusteiden avulla tehdyn varaston myyntiin. Tuotantoon ja siten myös varastoon sidotaan pääomaa ja myynti on tarkasti budjetoituna. Tämä mahdollistaa suurten erien tuotannon ja irrottautumisen markkinoiden heilahteluista. Suppealla tuotevalikoimalla saavutetaan suuri palvelukyky, sillä asiakkaalle voidaan myydä sen haluamaa tuote suoraan pienelläkin toimitusajalla. Toisaalta tuotevalikoiman laajentuessa ajoittaiset ohiajot tuotannossa sekoittavat toimitusaikoja ja nostaa siten kustannuksia. Esimerkkinä Aulanko (1988 s. 12–14) mainitsee tiilitehtaan, missä tuotteita on vähän, materiaalit halpoja ja tarve on helppo ennustaa.

Asiakasohjautuvassa tuotannossa asiakkaan tilaus käynnistää tuotannon. Ominaista hyvin toimivalle asiakasohjautuvalle tuotannolle on lyhyt läpäisy aika ja pieni keskeneräinen tuotanto (KET), sillä tuotteet toimitetaan asiakkaalle suoraan tuotannosta. Tällöin myös asiakaspalvelu on korkealla tasolla. Haasteena on tuotannon epätasainen kuormittuminen, johtuen siitä, että jokainen toimitus voi olla erilainen ja eri kokoinen. Pääomaa sitoutuu jonkin verran raaka-ainevarastoihin, jos niillä on pitkät toimitusajat. Muutoin ainut riski on tuotannon toteutuneet kustannukset. Aulanko (1988 s. 14) mainitsee esimerkkinä konepajateollisuuden, missä tuotanto on usein tilausperusteista ja tuotteita valmistetaan alihankintana suuremmille laitoksille.

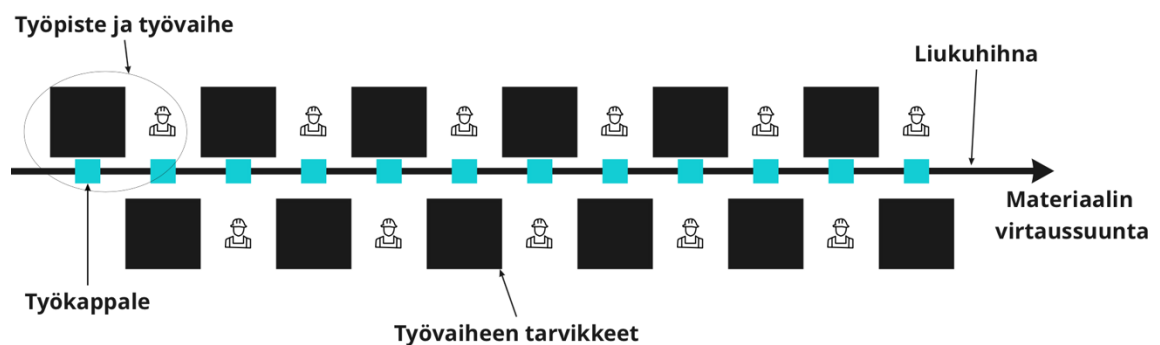
Tilaukantaohjautuvassa tuotanto on eräänlainen välimalli edellisestä kahdesta. Myynti tapahtuu suhteellisen pitkällä toimitusajoilla, vakiintuneet tuotteet ja staattinen markkinatilanne mahdollistavat tuotannon ohjauksen asiakasohjautuvan mallin mukaisesti. Tämä mahdollistaa tilaukannan kokoamisen suuremmiksi eriksi, jolloin valmistuksen kustannukset saadaan alas ja tuote valmistuu asiakkaalle suoraan eli tuotteita ei valmisteta varastoon. Esimerkkinä voidaan mainita pitemmän toimitusajan omaavia projekteja, joita löytyy muun muassa tehtaiden suunnittelussa, laivanrakennuksessa ja suurempien kiinteistöjen rakennuttamisessa. Esimerkiksi sähköjärjestelmät ovat usein moduloituja ja niiden valmistaminen voidaan tehdä helposti suuremmissa erissä. Asiakasräätälöintiä voidaan tehdä aivan tuotannon loppumetreillä. (Aulanko 1998 s. 15–16)

Aulangon mukaan (1988 s. 16) tuotanto on harvemmin niin mustavalkoista, että strategia voidaan valita yksiselitteisesti. Usein markkinat ovat sesonkiluontoisia aiheuttaen suurta kausittaista vaihtelua tuotantoon. Kuitenkin itse tuote voi vaatia asiakasräätälöintiä ja sen komponenteilla voi olla pitkiäkin toimitusaikoja. Näiden tekijöiden lisäksi pääoman tarve ja saatavuus sekä markkinointi vaikuttavat tilausten vastaanottokykyyn ja niiden toteuttamiseen. Näiden tietojen avulla on osattava suhteuttaa toiminta siten, että päästään lyhyisiin läpäisyaikoihin ja joustavaan tuotantoon.

2.6.4 Layout

Tuotannolle asetetut tavoitteet ohjaavat tuotantoprosessin suunnittelua koneiden, laitteiden ja työskentelytapojen valinnassa. Valinnat vaikuttavat suoraan tuotannon kustannustehokkuuteen, laatuun ja joustavuuteen. Vakiintuneena terminä layout tarkoittaa tuotantojärjestelmän fyysisten osien sijoittelua tehtaassa. Sijoittelun mukaan layoutit jaetaan kolmeen päätyyppiin: tuotantolinjalayoutiin, funktionaaliseen layoutiin ja solulayoutiin. (Haverila et al. 2009 s. 475)

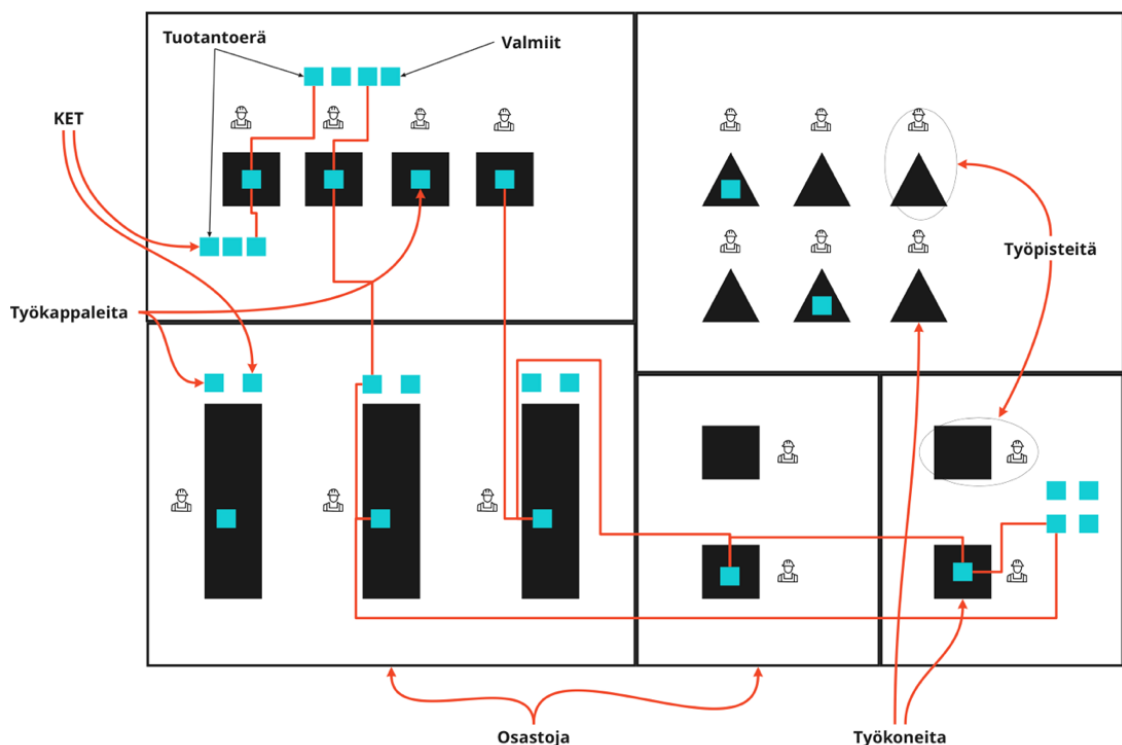
Tuotantolinjan (Kuva 2) rakentamisen kustannukset ovat suuret ja tästä syystä tuotteen valmistusmäärien on oltava suuret. Suurilla valmistusmäärillä tuotteen yksikkökustannukset saadaan pieniksi ja tuotantojärjestelmään investoitava automaatio ja tarvittavat koneet kannattaviksi. Laitteiden sijoittelu perustuu tuotteen valmistuksen työvaiheisiin. Tästä syystä tuotteen vaihtaminen ei onnistu kovin helposti ja asetusajat voivat olla hyvinkin pitkiä. Tavallisesti on muutettava koko tuotantolinja tuotteen vaihtuessa. Tuotantolinja valmistaa tasalaatuista tuotetta tehokkaasti, olkoon se sitten hyvää tai huonoa. Siitä syystä laadunvalvontaan pitää panostaa. Häiriöt linjalla aiheuttavat pahimmillaan koko tuotantolinjan pysähtymisen. (Haverila et al. 2009 s. 475)



Kuva 2. Liukuhihnamaisen tuotantolinjan layoutrakenne. (Mukaillen Groover, 2010)

Funktionaalinen layout (Kuva 3) kokoaa yhteen samankaltaiset työkonemat ja työtehtävät yhdeksi osastoksi. Tuotteet etenevät työpisteeltä toiselle työtehtävän teknillisen toteutuksen mukaan. Tuotteet voivat olla yksittäiskappaleina tai sarjoina valmistettavia. Tuotannonohjauksen kannalta haasteita tuottaa töiden järjestely ja laadunvalvonta. KET:n määrä on yleensä suuri ja jonot työkonemille pitkät. (Haverila et al. 2009 s. 476–477; Miettinen 1993 s. 31–32)

Kuten kuvassa 3 esitetyssä esimerkissä osastojen ja työvaiheiden väliset matkat kasvavat helposti pitkiksi ja materiaalin hallinta hankalaksi. Lisäksi työn siirtyminen yhden henkilön vastuualueelta toiselle työvaiheiden välillä, vaikeuttaa tuotannon ohjausta. Virheiden paikallistaminen on KET:n takia hankalaa ja läpäisyajat muodostuvat usein pitkiksi. Muita heikkouksia ovat esimerkiksi tuotannon heikko kuormitusaste ja heikko tuottavuus. Funktionaalisen layoutin vahvuuksina ovat työntekijöiden erikoistuminen, kapasiteetin helppo kasvattaminen, valmistettavien tuotteiden suuri kirjo ja helppo toteutus. Lisäksi funktionaalinen järjestelmä kestää hyvin tuotannossa esiintyviä häiriöitä. (Haverila et al. 2009 s. 476–477; Miettinen 1993 s. 31–32)

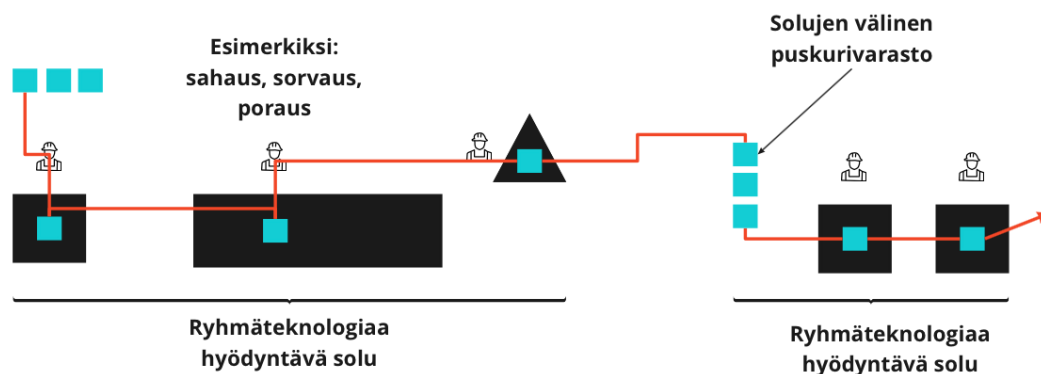


Kuva 3. Funktionaalisen layoutin toimintaperiaate. (Mukaiillen Groover, 2010)

Ryhmäteknologiaa hyödynnetään, kun useammassa eri tuotteiden osissa on samoja piirteitä, jotka vaativat samoja valmistusmenetelmiä. Tällöin eri tuotteiden osia kierrätetään saman tuotantoryhmän kautta, jossa niille suoritetaan esimerkiksi sahaus-sorvaus-poraus työvaiheet. Samoja osia tehdään vain pieniä eriä, jotta ei synny tarpeettoman suuria varastoja. Valmistettavan osan vaihtuessa koneiden asetuksia muutetaan tarvittaessa hieman ja siirrytään seuraavan osan valmistukseen. Osaperheiden löytäminen tuhansien nimikkeiden seasta vaatii resursseja ja yhtenäistä merkintäjärjestelmää. Apuna tähän voi käyttää erilaisia ohjelmia ja työvaihekaavioita. (Haverila et al. 2009 s. 480; Miettinen 1993 s. 33)

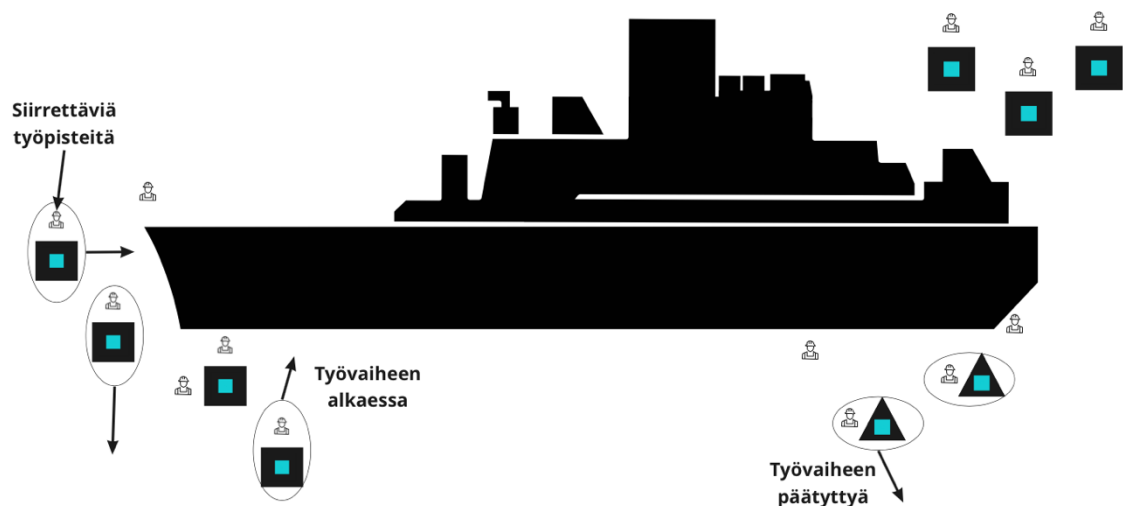
Solulayout toimii pienten sarjojen ja yksittäiskappaleiden valmistuksessa tarvittaessa hyvinkin joustavasti. Tuotantosoluihin perustuva järjestelmä on kehitetty alun perin ryhmäteknologiasta (Miettinen 1993 s. 34). Haverila et al. (2009 s. 477) mukaan se on tuotantolinjan ja funktionaalisen layoutin välimuoto, joka on erikoistunut tiettyjen vaiheiden tai osien valmistukseen.

Yhdessä solussa operoitaessa valmistusvaiheiden väliset matkat saadaan typistettyä ja laadunvalvonta on helpompi kohdistaa ja virheiden paikallistaminen ja korjaus on nopeampaa. Materiaalivirta solun sisällä on usein selkeä ja ilman välivarastoja, kuten tuotantolinjassa. Kuten kuvasta 4 nähdään, solujen välillä voi esiintyä puskurivarastoja. Toisin kuin funktionaalisessa layoutissa solutyypissä ratkaisussa työntekijällä on suurempi vastuu työn järjestelystä ja toteutuksesta. Tämän on todettu parantavan työntekijän motivaatiota ja tuottavuutta. Solujen toimintaa ohjataan kokonaisuuksina yksittäisten työvaiheiden sijasta. Tämä yksinkertaistaa tuotannon ohjausta. Ohjaavana tekijänä on usein solun sisäinen pullonkaularesurssi, minkä mukaan solun kuormitusta säädellään. (Haverila et al. 2009 s. 477–478; Miettinen 1993 s. 34)



Kuva 4. Ryhmäteknologiaa hyödyntävä solulayout. (Mukaiillen Groover, 2010)

Paikallisjärjestelmää käytetään, kun raskaiden tuotteiden valmistuksessa tuotteen liikuttaminen ei ole järkevää. Silloin valmistukseen tarvittavat työkonet ja materiaalit tuodaan paikan päälle. Tuotannonohjaus tapahtuu vuorottelemalla eri valmistustekniikoita ja siihen liittyvää henkilöstöä. Laivanrakennus on esimerkki paikallisjärjestelmän hyödyntämisestä, jota mukaillen kuvan 5 esimerkki on laadittu. (Miettinen 1993 s. 31)



Kuva 5. Paikallisjärjestelmä laivanrakennuksessa. (Mukaillen Groover, 2010)

2.6.5 Layouttyyppien käyttö ja suunnittelu

Miettisen (1993) ja Haverilan et al. (2009) listaamat layouttyypit ja valmistusjärjestelmät valikoituvat pitkälti valmistettavan tuotteen mukaan. Tuote voi sisältää tietyt valmistusvaiheet, joka puoltaa monitoimisorvin hankintaa. Toisaalta suuret variaatiot heikentävät tällaisen suuren automaatioasteen vaativan koneistuskeskuksen käyttöastetta, jolloin solutyypinen ratkaisu toimii paremmin. Miettisen (1993) mukaan tuotteen koko, ainutlaatuisuus, valmistusmäärät ja -variaatiot sekä eräkoot sanelevat millainen valmistusjärjestelmä kannattaa valita. (Miettinen 1993 s. 36)

Haverila et al. (2009 s. 479–480) mukaan tehdas koostuu osalayouteista, jotka voivat vaihdella tuotantoprosessin mukaan. Kokoonpano ja osavalmistus voi tapahtua erityyppisissä layoutmalleissa. Suuri tuotevariaatio samassa valmistusprosessissa puoltaa solulayouttiin siirtymistä ja riittävä tuotantomäärä taas tuotantolinjan perustamista.

Tiaisen (1996 s.62–63) mukaan, asiakastarpeet, tuotteisto ja tehtaan layout on sovittava yhteensopiviksi. Tuoterekisterin moduulit määrittävät layoutin eri toimintayksiköt ja asiakkaiden tarpeiden täyttämistä varten sopivat tuoteperheet. Tärkeimpinä periaatteina yhteensovittamisessa hän listaa muun muassa:

- Valittujen asiakastarpeiden sisällyttämisen tuoterekisteriin
- Tuoterekisterin kaikki tuotemoduulit eivät tule jatkuvaan käyttöön
- Layout ja järjestelmä on rakennettava koko rekisterille
- Rekisterin passiiviset moduulit oltava nopeasti käyttöön otettavissa
- Alihankinnalla ei paikata tuotannon kuormitusta

Sekä Haverilan et al. (2009), Miettisen (1993) ja Tiaisen (1996) pohdintojen perusteella voidaan ajatella, että layoutin valinta ja suunnittelu tapahtuu tuotteiden mukaan. Nämä valinnat eivät suinkaan saisi olla pysyviä. Kuten aiemmin todettiin toiminnan ohjauksen järjestelmälliset päätökset ovat pitkäjänteisiä, mutta niidenkin osalta toimintaa tulisi jatkuvasti kehittää. Mikäli halutaan nostaa automaatioastetta tai tehdä muutoksia tuotteen konstruktion samalla vaikuttaen valmistusmenetelmiin, voi layoutin muutos olla perusteltua tuotannon tehostamisen kannalta.

Layoutin suunnitteluun vaikuttaa kuitenkin useat eri tekijät. Valmis ratkaisu on aina kompromissi eri tekijöiden vaatimusten suhteen. Haverila et al. (2009 s. 481) mukaan layoutin suunnittelun lähtökohtana ovat seuraavat tekijät:

- Tuotteiden rakennetiedot, puolivalmisteet, komponentit ja raaka-aineet.
- Työvaiheet ja niiden järjestys.
- Tuotantomäärän perusteella mitoitettava tuotantokoneisto ja määriteltävä tuotantomuoto ja -tekniikka.
- Tuotannon aikajänne, joka kertoo, kuinka pitkän ajan tuotanto tulee säilymään suunnitelman mukaisena.
- Valmistuksen tukitoiminnot. Tukitoimintoja ovat esimerkiksi sosiaalitilat, työkaluhuolto, jätteiden käsittely ja paineilmankehityslaitteisto.

Layoutsuunnittelun tavoitteena on saada materiaali virtaamaan mahdollisimman tehokkaasti. Työpisteiden sijoittelussa pyritään siihen, että tuotannossa materiaalin kuljettaminen saadaan minimoitua. Myös mahdolliset laajentumiset ja muutostarpeet on otettava huomioon layoutin suunnittelussa, mikäli tuotantomäärät tai tuotteet muuttuvat.

Erityisesti raskaiden ja kiinteiden koneiden sekä rakennelmien sijoittelua on pohdittava tarkasti. (Haverila et al. 2009 s. 481–482)

Keskeisinä tavoitteina layoutin suunnittelussa Haverila et al. (2009 s. 481–482) listaa seuraavat asiat: selkeät materiaalivirrat, layout on joustava ja helposti muutettavissa, materiaalien pieni siirtotarve, lyhyet kuljetusmatkat, erityisosaaminen keskittäminen samaan paikkaan, sisäisten palveluiden sijoitus lähelle käyttöpaikkaa, tehokas materiaalin vastaanotto ja jakelu, helppo sisäinen kommunikaatio ja tehokas tilankäyttö. Lisäksi valmistusvaiheiden erityistarpeet on otettu huomioon ja toteutus on työturvallisuuden ja -tyytyväisyyden kannalta hyvä.

2.6.6 Kapasiteetti ja kuormitus

Miettinen (1993 s. 37) määrittelee kapasiteetin seuraavasti: *”Kapasiteetilla tarkoitetaan tehtaan tuotantokykyä, joka muodostuu tuotantokoneista, välineistä, tehdastilasta, työvoimasta ja energiasta.”*

Kapasiteettia voidaan käyttää tuotannon suunnittelussa hieno- tai karkeatasolla. Tehdastasolla voidaan määritellä eri kuormitusryhmiä ohjaustarpeiden mukaisesti. Kokonaisuus, jonka kapasiteettia ja kuormitusta tarkastellaan, kutsutaan kuormitusryhmäksi. Karkeatasolla kuormitusryhmä voi olla kokonaistuotantomäärä, -kapasiteetti tai -työtuntimäärä. Hieno-ohjauksessa kuormitusryhmä voi olla esimerkiksi yksittäinen solu, työntekijä tai työkone. Tunnetun kapasiteetin avulla voidaan kyseiselle kuormitusryhmälle suunnitella kuormitus, joka voi olla kapasiteettiyksiköstä riippuen tuntia/viikko, kappaletta/tunti tai neliometriä/päivä. Tästä saadaan kuormitusryhmän kuormitussuhde. (Miettinen 1993 s. 37–39; Haverila et al. 2009 s. 399–400)

Haverila et al. (2009 s. 400) mukaan kuormitussuhteen ja kuormitusasteen rinnakkaiskäsitteitä ovat käytösuhde ja käyttöaste, jotka kuvaavat toteutuneen tuotannon määrää ja suhdetta kapasiteettiin. Näitä käytetään kuitenkin usein toistensa synonyymeinä.

Se osa kokonaiskapasiteetista, joka tehtaalla on todellisuudessa käytössään eli nettokapasiteetti on yleensä 50–90 % luokkaa. Tämä voi olla huomattavasti vähemmän kuin tehtaan teoreettinen kapasiteetti. Tavoitteena on hyödyntää käytössä oleva kapasiteetti mahdollisimman tasaisesti ja kattavasti. Suuret investoinnit halutaan

hyödyntää mahdollisimman hyvin. Käytössä oleva kuormitus vastaa nettokapasiteettia. Kuormituksen suunnittelussa pyritään hyödyntämään tehtaan tuotantokykyä mahdollisimman tehokkaasti. Lähtökohtana tälle ovat niin sanotut kriittiset resurssit. Tällaisia ovat esimerkiksi työstökoneet, jotka tekevät erikoistyövaiheita, joita ei muulla tavoin voida tehdä. Tehtaan teoreettista kapasiteettia vähentävät erilaiset häiriöt, jotka voivat kohdistua koneisiin, henkilöstöön tai alihankkijoihin. (Miettinen 1993 s. 37–39; Haverila et al. 2009 s. 399–400)

Tehtäville töille varattua kapasiteettia joudutaan aika ajoin tasaamaan kuormituksen käydessä liian suureksi. Tällöin kuormitusta ohjataan eri ajanjaksoille; ennakoitua aiemmin tai myöhemmin. Päätökseen vaikuttaa erityisesti työlle luvattu toimitusaika. Aikaisemmaksi siirrettävät työt edellyttävät vapaan kuormituksen lisäksi, että tarvittavat materiaalit ovat tuotannon saatavilla. Kokoonpanossa tuotannon aloittamista rajoittavat alihankinnasta saatavien osien toimitusajat ja tuotannon puolella aihoiden ja materiaalien saatavuus. (Lapinleimu et al. 1997 s. 200–201)

Mikäli työtä ei voida siirtää, täytyy hankkia lisäkapasiteettia. Tämä voidaan tehdä lyhyellä aikavälillä esimerkiksi ylitöillä tai alihankinnalla. Toinen vaihtoehto on neuvotella toimitusaikaa myöhemmäksi. Kapasiteetin muuttaminen on kuitenkin pitemmällä aikavälillä tehtävä muutos ja se vaatii yleensä suurempia investointeja. Sellaisia ovat esimerkiksi konekannan lisäys, työntekijöiden lisäys, tehokkaamman koneen hankinta, rinnakkainen valmistusyksikkö tai työntekijöiden siirtyminen toiseen tai kolmanteen vuoroon. Tällaiset muutokset vaativat kuukausia tai vuosia, eivätkä ne siten sovellu lyhyen aikavälin ratkaisuiksi. Osa joustavaa tuotantoa kuormituksen tasausvaiheessa ovat monitaitoiset osaavat työntekijät, joiden siirtyminen yksiköstä toiseen on sujuvaa. (Lapinleimu et al. 1997 s. 202–203)

Kuormituslaskennan avulla tuotannonohjaus selvittää onko tuotantosuunnitelma toteutettavissa. Kuormituslaskenta tapahtuu tarkastelemalla eri kuormitusryhmien mahdollisuuksia. Yleensä tarkastelussa on vain yksi tuote, sen läpäisy aika ja sen vaatima työaika. Tietojen perusteella tuotteelle saadaan kuormitusmalli, joka kertoo tuotteen valmistusajan. Tuotteiden kuormitusmallit voidaan sijoittaa tuotantosuunnitelman yhteydessä tehtyyn kuormituslaskelmaan, jolloin nähdään tuotantosuunnitelman toteutumisen mahdollisuudet selkeämmin. Kuormituslaskenta auttaa ohjaamaan resursseja tehokkaammin ja tasaamaan kuormituspiikkejä tuotannossa.

Kuormitusryhmien tarve vaihtelee suuresti. Samankaltaisten tuotteiden kanssa olisi suositeltavaa käyttää vain yhtä kuormitusyksikköä eli tehdasta. Mitä vähemmän seurattavia yksiköitä on, sen helpommin kokonaisuus on hallittavissa. Pullonkaularesursseja tulisi kuitenkin tarkastella omina kuormitusresursseina. (Lapinleimu et al. 1997 s.197–200)

2.6.7 Pullonkaulat ja esteiden teoria (Theory of Constraints)

Pullonkauloja hyödynnetään aktiivisesti systeemin suorituskykyä mittaavassa esteiden teoriassa TOC:ssa (Theory of Constraints). Se on johtamis- ja ohjausmalli, joka perustuu tuotantosysteemiä rajoittavien komponenttien hallintaan. Teorian taustalla on ajatus, jonka mukaan on olemassa yksi este, joka estää prosessia kehittymästä. Tavoitteena on tunnistaa este ja kohdistaa parannustoimenpiteet siihen. Muiden kohteiden parantaminen voi tuoda säästöjä, mutta ei varsinaisesti kehitä toimintaa eikä lyhennä läpimenoaikaa. Pitkällä aikavälillä prosessi ei kykene tuottamaan enemmän kuin sen tehottomin vaihe tuottaa. Johtamisella on suuri merkitys siinä, miten tuotantoa kuormitetaan, jotta pullonkaulat saadaan esiin ja tuotannon kehittämistä priorisoitaisiin sen sijaan, että yritetään tulla toimeen pullonkaularesurssien kanssa. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2021a)

3 LEAN OSANA TUOTANTOA JA YRITYSTÄ

Leanin määrittelyminen koetaan hankalaksi, mutta sen muistaminen helpoksi. Mistähän moinen mahtaa johtua? Leanilla on pitkä historia autoteollisuudessa. Toyota Production Systemsin (TPS) kehittäjän Taichi Ohnon mukaan Leanilla on kaksi perustavan laatuista periaatetta: **jatkuva parantaminen ja ihmisten kunnioitus** (Byrne & Womack 2013 s. 34).

Ohnon selitys on yksinkertainen, mutta ei ehkä avaa käsitettä tarpeeksi. Byrne ja Womack (2013 s. 34–35) viittaavat kirjassaan *The lean turnaround: How business leaders use lean principles to create value and transform their company* (2013) Womackin ja Jones teokseen *Lean Thinking*, missä kirjoittajat määrittelivät **Leanin viisi periaatetta**: arvon tunnistaminen, arvovirran kartoitus, virtauksen luonti, imuohjaus tuotannossa ja täydellisyyden tavoittelu. Kirjoittajien mukaan tämän jatkuvan kierron avulla jokaisen yrityksen tulisi määrittää asiakkaalle syntyvä arvo ja poistaa kaikki hukka mikä on esteenä sen arvon mahdollisimman nopealle toteutumiselle. Tätä varten on luotu useita erilaisia työkaluja, kuten 5 kertaa miksi, poka-yoke ja 5S, joiden avulla hukkaa voitaisiin poistaa.

Ries et al. (2016 s. 66) kertovat kirjassaan *Lean startup: Kokeilukulttuurin käsikirja: kuinka jatkuvan innovoinnin avulla luodaan merkittävästi onnistuneempaa liiketoimintaa*, Lean-ajattelun määrittävän arvoksi kaiken asiakasta hyödyttävän toiminnan. Vastaavasti kaikki muu on hukkaa. Olennaista on oppia tunnistamaan hukkaa ja poistaa sitä systemaattisesti.

Byrnen ja Womack (2013 s. 34–35) listaavat, kaikkien näiden edellä esitettyjen periaatteiden, teesien ja työkalujen perusteella **Leanin neljä peruspilaria**, joiden toteuttaminen takaavat yrityksen muuttumisen Leanimpaan suuntaan. Näitä ovat: tahtiajassa työskentely, yhden kappaleen erät, standardoitu työ ja asiakkaan liittäminen osaksi tuotantoa imuohjauksen avulla.

Byrne & Womack (2013 s. 34–35) määrittelevät tahtiajaksi asiakkaan kysynnän tiheyttä päivää kohden, jonka mukaan tulee työskennellä. Jos tuotteita valmistetaan nopeammalla tahdilla kuin asiakkaat niitä ostavat, on kyseessä ylituotantoa, joka määritellään hukaksi.

Tuotannon synkronoiminen tahtiaikaan on tärkeää, mutta lisäksi on tiedettävä valmistuksen läpäisy aika, jotta tahtiaika voidaan saavuttaa.

Yhden kappaleen erällä saavutetaan huomattavia etuja valmistuksen joustavuudessa ja nopeudessa. Myös mahdolliset laatuviat ja niiden syyt ilmenevät heti, jolloin niiden korjaaminen käy nopeasti ja pienillä kustannuksilla. Yhden kappaleen erällä tarkoitetaan tuotantoa, missä kappale siirtyy jouhevasti eteenpäin tuotannossa jatkuvasti jalostuen. Tällöin kappale tulee valmiiksi yhden solun sisällä ja seuraavan edellisestä eroavan kappaleen valmistus voidaan aloittaa saman tien. Perinteisessä suurempien erien tuotannossa seuraavan kappaleen valmistumista joudutaan usein odottamaan pitkiä aikoja ja laatuvioiden jäljittäminen on hankalaa. (Byrne & Womack s. 35–45)

Standardoitu työ tarkoittaa sitä, että kaikki työvaiheen sisäiset toiminnot toistuvat samanlaisina riippumatta siitä kuka työn tekee. Toisin sanoen vaiheet toistuvat samoina, materiaalit pysyvät samoina ja työhön kuluva aika pysyy samana. Tämä on oleellista kehittämisen kannalta. Vain standardoidusta työstä voidaan suoraan sanoa onko esimerkiksi materiaalin vaihtamisella ollut vaikutusta laatuun tai kustannuksiin. (Byrne & Womack s. 35–45)

Imuohjauksen tarkoituksena on luoda selvä yhteys asiakkaan ja tuotannon välille. Yksinkertaistettuna: valmista vain se, mitä olet myynyt, jos et ole myynyt, älä valmista. Käytännössä vain asiakkaan tilaus käynnistää ketjureaktion, joka etenee tuotannossa taaksepäin, missä seuraava vaihe ottaa edelliseltä vain tarvitsemansa, jalostaa sitä edelleen seuraavalle vaiheelle. Asiakkuuksia voidaan ajatella olevan useita, myös tehtaan sisäisiä asiakkuuksia, missä seuraava vaihe on edellisen vaiheen asiakas. (Byrne & Womack s. 35–45)

3.1 Hukka – Arvoa tuottamattomat toiminnot

Hukkaa (*Muda*) on monenlaista ja nykyään, riippuen lähteestä, tunnistetaan ainakin seitsemän Taichi Ohnon nimeämää olennaista tekijää: *kuljettaminen, varastointi, liikkuminen, odottaminen, ylituotanto, yliprosessointi ja virheet*. Pelkästään poistamalla nämä niin sanotut *toiminnalliset* hukkan lähteet ei voida kuitenkaan saavuttaa täydellistä organisaatiota. Toyota on tunnistanut kaksi muuta hukkaa, jotka ovat edellä mainittujen ongelmien tai pikemminkin oireiden taustalla: epätasapaino (*Mura*) ja ylikuormitus

(Muri). Epätasapaino tuotannossa aiheuttaa suuria vaihteluita esimerkiksi materiaalitarpeeseen. Tuotannon tasapainottamisella voidaan vähentää esimerkiksi materiaalipulasta aiheutuvaa odotusta. Ylikuormitusta puolestaan esiintyy muun muassa kysynnän vaihtelusta ja tuotannon epätasapainosta. Ylikuormitus voi kohdistua esimerkiksi tuotantokoneeseen tai työntekijöihin. (Earley 2021) Lisäksi on määritelty kahdeksas ja joidenkin mukaan pahin hukka eli työntekijöiden hyödyntämätön potentiaali (Logistiikan maailma 2021a).

Kolmen M:n hukat ovat loppujen lopuksi vain oireita, joiden poistaminen ei poista taustalla olevia juurisyitä. Hukan poistaminen keventää toimintaa ja antaa lyhytvaikutteisia tuloksia. Taustalla olevia syitä ei välttämättä tunneta ja niiden ratkaiseminen voi olla helppoa tai vaikeaa. Ilman niiden poistamista ei kuitenkaan päästä eroon niiden aiheuttamasta hukasta. (Earley 2021)

3.2 Leanin tausta

1930-luvulla, kun Toyota oli aloittelemassa autojen valmistusta Japanissa, Kiichiro Toyoda oli käynyt Fordin tehtaalla vierailulla ja hakenut oppia sen ajan tehokkaimmalta autoteollisuuden valmistajalta. Toinen maailmansota runteli Japania ja autoteollisuus valjastettiin valmistamaan ajoneuvoja armeijan tarpeisiin, lähinnä käsityönä. Myynnin romahtaminen 1949 pakotti Kiichiron eroamaan yhtiöstä ja vuoteen 1950 menneessä Toyota Motor Company oli valmistanut ainoastaan 2685 ajoneuvoa, kun taas Detroitin Rouge Complex -tehtaalta valmistui 7000 ajoneuvoa päivässä. Eiji Toyoda lähetettiin uudelle matkalle Rougeen 1950, missä hän totesi, että Rouge Complexin tuotantojärjestelmässä olisi kehittämisen varaa sen tehokkuudesta huolimatta. (Womack 1990 s. 48–50)

Toyodan suku oli jo aiemmin kehitellyt tuotannon tehokkuuteen liittyviä ideoita, kuten kangaspuut, jotka pysähtyvät automaattisesti langan katketessa. Ongelman ilmetessä se ratkaistiin heti, mikä tunnetaan nykyään nimellä *jidoka*. Tietynlainen tuotantofilosofia oli kehittymässä jo tuolloin. Eiji Toyoda ei ollut vakuuttunut näkemästään Yhdysvalloissa, missä suuret varastot hallitsivat tuotantoa ja lopputuotantoa leimasi vialliset tuotteet. (Modig et al. 2016 s. 70)

Japanin Nagoyassa huomattiin, ettei Toyotalla olisi tulevaisuutta massatuotannossa, ainakaan kotimaanmarkkinoilla. Syinä olivat muun muassa asiakaskunta, joka oli pieni ja vaativa: diplomaatit halusivat luksusautoja ja tavalliselle kansalle tarvittiin pieniä ja halpoja autoja, maaseudulle puolestaan sopivat ainoastaan pienet hyötyajoneuvot. Työvoima oli tietoinen parantuneesta asemastaan työyhteisössä ja pääoman sekä ulkomaankaupan puute hidasti teollisuuden kehitystä länsimaisella teknologialla. Lisäksi ulkomaisten autoteollisuuden jätit pyrkivät Japanin markkinoille estääkseen Toyota viemästä markkinaosuuksia. Japanin hallituksen alettua tukemaan kotimaista autoteollisuutta, sai Toyota tarvitsemansa rahoituksen alkaa kehittää tuotantoa tehokkaammaksi. Kehitystä ohjasi kuitenkin **resurssien niukkuus** sekä työntekijöiden ja työnantajien välinen muuttunut asema, **kunnioitus**, minkä pohjalta nykyinen Lean alkoi rakentua. (Modig et al. 2016 s. 70-71; Womack 1990 s. 48–50)

3.3 Käsitteen ongelmallisuus

Resurssipula pakotti Toyota kehittämään tuotantomenetelmiään ja keskittymään **virtaustehokkuuteen**. Alettiin kuuntelemaan asiakkaita ja valmistamaan heidän tarpeisiinsa. Taichi Ohno julkaisi lähes 60 vuoden kehitystyön tuloksena 1978 kirjan: *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. Toyota Production System eli TPS pitää sisällään Toyotan tuotantojärjestelmän tärkeimmät filosofiset opit arvot. Sittenkin kirjan opit on käännetty eri kielille, ja länsimaissa TPS on tullut tunnetuksi Leanina. Ensimmäisen kerran Lean käsite ilmaantui John Krafcikin artikkelissa *Lean-tuotantojärjestelmän riemuvoitto* 1988 ja Leanista on julkaistu useita kirjoja artikkeleita ja tutkimuksia, joiden myötä se on kehittynyt käsitteenä ja levinnyt käytännössä kaikkialle alasta riippumatta. Eri sovellukset ovat poikineet niihin soveltuvia Lean-menetelmiä ja työkaluja. (Modig et al. 2016 s. 76–85)

Yhtenä ongelmana koetaan, että Lean alkaakin olla pirstoutunut ja epäselvä ja sen määritelmä riippuu abstraktiotasosta eli miten konkreettisenä se koetaan. Osa kokee sen filosofiana, osa tuotantojärjestelmänä ja osa näkee Leanin menetelmänä tai työkaluna tuhlauksen poistamiseen. (Modig et al. 2016 s. 84–89)

Eri abstraktiotasot sekoittavat ja osa näkee Leanin keinona ja osa tavoitteena. Tämä ongelma syntyy, kun keskittyminen kohdistuu keinoihin. Tällöin Modig et al. (2016 s. 84–89) mukaan tavoitteen ja keinojen välinen yhteys voi jäädä epäselväksi. Samat keinot

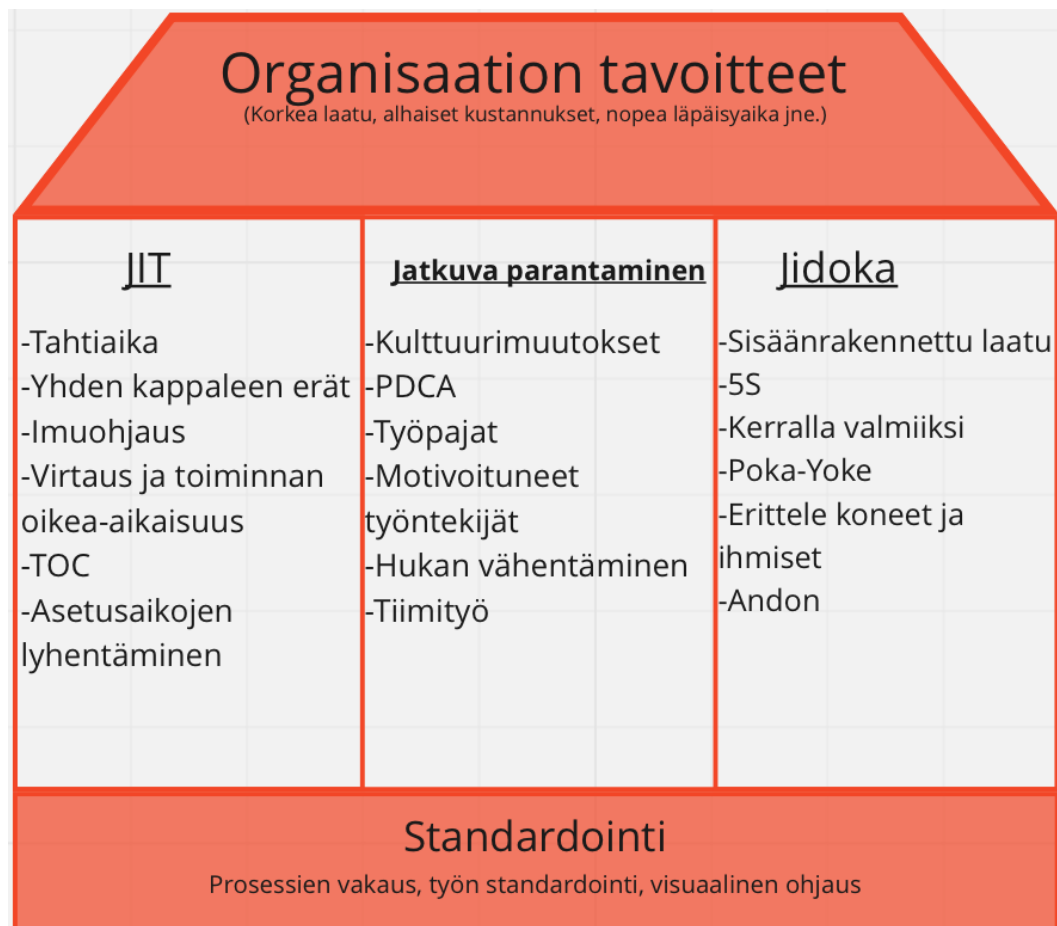
eivät johda kaikilla samaan tavoitteeseen, joten on tärkeää miettiä, miksi asiat tehdään kuten ne tehdään.

Kolmantena ongelmana on määritelmän ympäröisyys. Lean määritellään lähes poikkeuksetta, siten ettei sitä voida osoittaa vääräksi. Lean poistaa kaiken huonon ja tuo kaikkea hyvää. Tavoitteiden ja keinojen sekoituessa on hyvä pysähtyä pohtimaan mitä Lean on ja mitä se ei ole, ja mihin sillä voidaan päästä ja mihin ei. (Modig et al. 2016 s. 88–97)

3.4 Lean-työkalut ja -menetelmät - Toyotan tuotantojärjestelmän rakenne

TPS:n perusajatuksena tuoda esiin haasteita ja tehdä ongelmista näkyviä, jotta ihmiset voisivat kasvaa ja kehittyä paremmiksi ongelmanratkaisijoiksi ja johtajiksi. Tuotantojärjestelmää on usein kuvattu taloksi (Kuva 6), jossa on **kolme peruspilaria**: JIT ja jidoka, jotka paljastavat ongelmat sekä kaizen, joka poistaa havaitut ongelmat. Yhdessä peruspilarit kannattelevat kattoa, joka kuvastaa toiminnallista erinomaisuutta. Kaiken perustana on toiminnallinen vakaus eli hyvin koulutetut ihmiset ja varmatoimiset koneet, jotka luovat pohjan, minkä varaan kehittäminen on mahdollista. (Liker 2012 s. 79–81)

Näiden kolmen peruspilarin tueksi Leanin käytännön toteuttamiseksi on syntynyt useita työkaluja, joiden avulla on tarkoitus tuoda esille Leanin näkymättömänä taustalla vallitsevat ajatusmallit ja toimintatavat. Työkalujen avulla on tarkoitus muuttaa organisaation toimintaa ja käyttäytymismalleja kohti uusia käyttäytymis- ja johtamisrutiineja. Esimerkkejä tunnetuista työkaluista ovat 5S, VSM (Value Stream Mapping), imuohjaus, Kanban ja monia muita. (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2021b.)



Kuva 6. Toyotan tuotantojärjestelmän rakenne ja oleelliset työkalut. (mukaiillen Liker 2004 ja Logistiikan maailma 2021a)

3.4.1 JOT ja JIT

JOT (juuri oikeaan tarpeeseen) on suomalaisittain esitetty Toyotan 50-luvulla kehittänyt JIT (Just In Time) -toimintamalli. Malli rantautui Suomeen 70-luvulla ja varsinkin metalli- ja elektroniikkateollisuus on ottanut sen omakseen. JOT on kokonaisvaltainen toiminnan filosofia ja strategian muutos, jonka tavoitteena on saada yritys tuottamaan pitkällä aikavälillä. Se on lähtenyt liikkeelle tuotannonohjauksen puolelta, mutta sen vaikutukset ulottuvat yrityksen kaikkiin toimintoihin. JOT-toiminnan mottoajatuksia ovat joustavuus, yksinkertaisuus, häiriöttömyys, visuaalisuus ja autonomia. (Tiainen 1996 s. 3–11) Tiaisen (1996) luettelemassa JOT-kehittämisen mottoajatuksissa on havaittavissa monta vastaavaa teemaa kuin Lean-tuotannon tavoitteissa.

Likerin (2012 s. 79–81) mukaan Toyotan harjoittamassa JIT-tuotannossa (Just In Time – juuri oikeaan aikaan), paljastuu tuotannon sisältämät ongelmat. JIT-tuotanto perustuu

siihen, että tuotetta valmistetaan ainoastaan seuraavan prosessin tarpeeseen kysyntää vastaavalla tahdilla. Tavoitteena on, että asiakkaan tarve tunnistetaan niin hyvin, että tuote osataan tehdä valmiiksi juuri siihen hetkeen, kun asiakas sen haluaa. Silloin tuotannolla ei ole minkäänlaista varastoa sitomassa kustannuksia ja tuotanto toimii saumattomasti. Virtausyksiköt siirtyvät tasaisesti ja pysähtyvät ainoastaan jalostusta varten.

Tällainen systeemi on erittäin herkkä vaihtelulle ja tuotannossa esiintyvät ongelmat pysäyttävät pahimmillaan koko linjan, kun puskurivarastoja ei ole. Ongelman ilmetessä se pakottaa välittömään ongelmanratkaisuun. Jos ongelmaa ei ratkaista niin on lisättävä varastoa, jotta vaihtelu ei vaikuttaisi tuotannon virtaukseen. Ratkaistuna ongelma poistaa myös sen peittämiseen tarvittavan varaston tarpeen. Tällä logiikalla varastoja voidaan pienentää, kunnes jokin estää meitä. Varastoja pienentämällä JIT luo haasteita, jotka kehittävät työntekijöitä ja prosesseja. JIT-tuotannon suurin haaste onkin ongelmien ratkaisu tai lähinnä se, että niitä ei ratkaista vaan mennään sieltä, mistä aita on matalin. Tässäkin tavoitteena on muuttua paremmaksi, ei varastojen ja kustannusten pienentäminen. (Liker 2012 s. 79–81)

Suomeen JIT rantautui käsitteenä jo ennen Leania. Sen suomalainen nimitys, juuri oikeaan tarpeeseen, kuvaakin hyvin sen pääpointteja, joita ovat asiakaslähtöisyydestä ja kumpuava materiaalitarpeen tyydyttäminen todellisen tarpeen mukaan. Suppeana se voidaankin ajatella imuohjauksen määritelmänä. Eri lähteiden mukaan JIT (tai JOT) esitellään kuitenkin laajempänä, missä sen tavoitteisiin lisätään esimerkiksi laadun tavoittelu ilman hukkaa, lyhyt läpäisy aika ja virtautettu tuotanto. Näin laaja tavoitekenttä koskettaa jo koko organisaatiota ja JIT ja Lean kulkevatkin joissakin tapauksissa rinnakkaisina käsitteinä, eikä niitä ole aina tarpeen eritellä. (Logistiikan maailma 2021b)

3.4.2 Jidoka – pysähdy ja korjaa

Toinen keino, millä tuotannon ongelmia tuodaan esiin ratkaistavaksi, on *Jidoka*. Jidoka perustuu siihen, että pysähdytään ja korjataan ongelmat. Aluksi jidokalla tarkoitettiin konetta, joka osaa pysähtyä ongelman ilmaantuessa. Tästä jalostui myöhemmin *Andon*, missä työntekijä tai kone pysäyttää tuotannon ilmetessä. Kuten JIT, myös Jidoka pyrkii saman tien kiinnittämään huomion tuotannon ongelmiin, jotta ne voidaan ratkaista. Prosessin toistuessa tarpeeksi usein virheitä saadaan poistettua ja tuotantoa saadaan lähestymään kohti täydellisyyttä. (Liker 2012 s. 80)

3.4.3 Kaizen – jatkuva parantaminen

Virheiden ja ongelman tunnistus- ja poistomenetelmien toimivuus vaatii niihin tarttumista. *Kaizenin* tehtävänä on tarttua ilmeneviin ongelmiin saman tien, ratkaista ne ja saada tuotanto pyörimään. Toyota Motorsin käyttämänä kaizen viittaa jatkuvaan parantamiseen. Se on laaja käsite ja se voidaan ajatella kulttuurina, yksittäisenä parantavana toimintona tai yrityksen sisäisenä työryhmänä, jonka vastuulla ovat jatkuvan parantamisen toiminnot. Ongelman ratkaiseminen ja tuotannon käynnistäminen ei kuitenkaan yksinään riitä, vaan tavoitteena on juurisyyn selvittäminen. Juurisyyn korjaaminen estää ongelman syntymisen uudelleen ja eheyttää prosessia ja vie sitä kohti täydellisyyttä. Tuotantoa hidastavalta toiminnolta tuntuva kaizen kehittää ongelmanratkaisutaitoja kaikilla tasoilla ja vie tuotantoa parempaan suuntaan ja luo siten kilpailuedun muihin nähden. (Byrne & Womack 2013 s. 189; Liker 2012 s. 80–81)

3.4.4 5S – toimintaympäristön selkeyttämiseksi

Tunnettu jatkuvan parantamisen työkalu on japanilaisten kehittämä 5S. Sen avulla pyritään vähentämään toimintaympäristössä aiheutuvaa hukkaa. Tuloksena onnistuneesta työkalun soveltamisesta, ajan energian ja muun materiaalin hukka vähenee ja se synnyttää puolestaan parantunutta laatua, turvallisuutta ja lyhyempiä läpimenoaikoja tuotannossa. Japanilaisten määritelmän mukaan on olemassa viisi erilaista hukkaa, joista on päästävä eroon:

- Seiri: Lajittele
- Seiton: Järjestä
- Seiso: Siivoa
- Seiketsu: Vakiinnuta
- Shitsuke: Ylläpidä

Lajittelulla työpisteeseen jää vain työn kannalta tarpeelliset työkalut ja tavarat. Satunnaisesti tarvittavat ja harvemmin tarvittavat työkalut voidaan sijoittaa yhteiseen paikkaan tai pois näkyviltä.

Järjestelyllä kaikelle tarpeelliselle luodaan oma paikka. Organisoidulla ja suunnitelmallisella järjestelemisellä pyritään tehostamaan työntekoa, kun vältetään jatkuvalta työkalujen etsimiseltä.

Siivouksella edesautetaan järjestyksen ylläpitoa ja samalla voidaan tehokkaasti kartoittaa työpisteellä ilmeneviä puutteita ja korjaustarpeita. Siivouksella on myös olennainen merkitys työturvallisuuden kannalta.

Vakiinnuttamisella halutaan saada edellä mainitut käytännöt osaksi päivittäistä toimintaa. Jotta toiminta tulisi osaksi päivittäistä toimintaa, niin ympäristön on tuettava toimintaa ja käytäntöjen tulee olla helppoja suorittaa.

Ylläpito kuvaa työkalun merkitystä osana jatkuvan parantamisen toimintatapaa. Kyse ei ole toinen toistaan seuraavista siivousprojekteista vaan käyttäytymismallista, joka tukee päivittäistä toimintaa. 5S käyttämisessä on tärkeää kantaa vastuuta omasta alueesta, näyttää esimerkkiä ja opastaa muita, varsinkin uusia työntekijöitä.

Kuten muissakin jatkuvan parantamisen mallin työkaluissa 5S vaatii sitoutumista koko organisaatiossa. Muutokset kannattaa tehdä asteittain ja esimerkiksi konkreettiset muutokset ja data parantuneesta tehokkuudesta työpisteellä auttaa työntekijää näkemään positiiviset vaikutukset. Viiden ässän periaatteet vaikuttavat yksinkertaisilta, mutta toteutuakseen se vaatii kuitenkin valvontaa, tulosten esittämistä ja jatkuvaa panostusta kaikilta. (Salomäki 2003 s. 375–377)

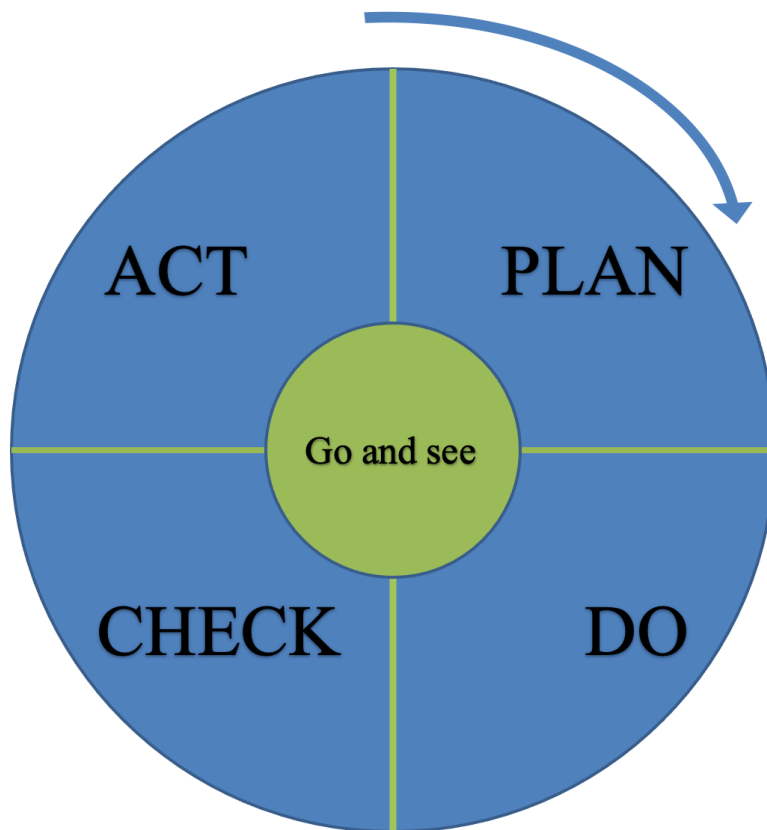
3.5 Jatkuvan parantamisen toimintamalli

Kaizen voi äkkiseltään kuulostaa radikaalilta toimintatavalta, jonka käyttöönottamista arastellaan. Sen kuvausta voi ajatella hyvin yksiselitteisenä niin, että sen periaatteista ei voi lipsua, mikäli sen halutaan toimivan. On myös muitakin samalla ajatuksella toimivia työkaluja ja periaatteita, joiden avulla jatkuvan parantamisen kulttuuria voidaan tuoda organisaatioon ilman, että syntyy tunne, että mennään täysin sen ehdoilla. Haverila et al. (2009 s. 380–381) mukaan jatkuva parantaminen on juuri päinvastaista mitä ensivaikutelma antaa olettaa: *”Radikaalit muutokset ja toimintojen laajamittaiset kehityshankkeet eivät kuulu jatkuvan parantamisen piiriin.”*. Kirjoittajat painottavat kehityksen perustuvan pienten parannusten kumuloituvaan vaikutukseen, jonka myötä saavutetaan suuria parannuksia. Myös muutoksen vakiinnuttaminen ja tuominen osaksi jokapäiväistä toimintaa edesauttaa myönteistä asennoitumista suurempien hankkeiden ja muutosten toteutukseen.

Myös Salomäki (2003 s. 44–45) tuo esille kirjassaan *Hyödynnä SPC: Suorituskykyiset prosessit* jatkuvan parantamisen edut yritysten toiminnan kehittämisessä. Kirjoittajan mukaan jatkuva parantaminen antaa yrityksille mahdollisuuden käyttää aktiivisesti hyödykseen kaikki kehittymismahdollisuudet. Salomäen (2003) mukaan jatkuvan parantamisen ei tule olla toimintaa hankaloittava tai hidastava tekijä eikä pakonomaista ongelmien etsimistä. Sen tulee olla osa organisaation luonnollista toimintaa, mikä tarkoittaa ongelmien tehokasta ratkaisua, kun niitä ilmaantuu, ja niistä oppimista. Aikaisemmassa kappaleessa Kaizen esiteltiin kulttuurina eli toimintatapana, joka viittaa jatkuvaan parantamiseen. Myös Salomäki (2003) painottaa, että jatkuva parantaminen ei ole työkalu ”vaan tapa toimia ja hyödyntää laatutyökaluja.”.

3.5.1 PDCA-sykli

Tunnettu menetelmä laadun kehitykseen, on jatkuvan parantamisen ilmaisutapana toimiva PDCA-sykli, -ympyrä tai -kehä (Kuva 7). PDCA lyhenne tulee sanoista Plan-Do-Check-Act. Systemaattisuutta ja toiminnan jatkuvuutta tukeva sykli esiintyi ensimmäisen kerran Walter A. Shewhartin kirjassa *Statistical Method from Viewpoint of Quality Control* (1939), mistä se tuli tunnetuksi Shewhartin ympyränä. Shewhart käytti lyhennettä PDSA (Plan-Do-Study-Act) Myöhemmin W. Edwards Deming esitteli PDCA-syklin tieteellisenä tiedonhankintaprosessina japanilaisille. Japanilaiset omaksuivat PDCA:n ja lisäsivät siihen vielä ”go and see” (mene katsomaan), jonka mukaan ongelmaa, sen ratkaisua ja tuloksia on mentävä paikan päälle katsomaan, jotta se konkretisoituisi. Toiminnan parantamisen kannalta ei ole merkitystä kumpaa nimitystä syklistä käytetään. Sen perusajatus on edelleen säilynyt samana. Se millä on merkitystä, on jatkuvan parantamisen periaatteen ymmärtäminen, jotta sykliä voidaan käyttää tehokkaasti. (Haverila et al. 2009 s. 380–382; Rother 2010 s. 121–123; Salomäki 2003 s. 45–46)



Kuva 7. PDCA-sykli japanilaisten täydentämänä. (Mukaillen Rother 2004)

- **Plan-vaiheessa** laaditaan suunnitelma toiminnan kehittämiseksi. Tämä vaatii kehityskohteen nykytilan ymmärtämisen ja, että sitä voidaan dokumentoida. Dokumentaatio vaatii standardoituja toimintamalleja ja vakiintunutta prosessia. Kehityskohteesta tunnistettuja ongelmia täytyy voida mitata sopivilla menetelmillä ja niiden kehitystä verrataan aiemmin dokumentoituuihin tietoihin. Tässä vaiheessa luodaan oletus eli hypoteesi siitä, mitä oletetaan tapahtuvan.
- **Do-vaiheessa** suunnitellut muutokset pannaan käytäntöön. Toteutus on dokumentoitava huolella, jotta eroa edelliseen tilaan voidaan verrata luotettavasti.
- **Check-vaihe** eli tarkastetaan vastaavatko muutoksen tulokset suunniteltuja tuloksia ja alkuhypoteesia. Tämä kertoo onko tavoitetila saavutettu.
- **Act, kehitä.** Mikäli tavoitteet saavutettiin, toimintamalli on standardoitava, jotta muutoksesta saadaan pysyvä. Jos jokin ei toimi palataan takaisin ja aloitetaan sykli alusta. Analysoidaan toimimattomat osat ja kehitetään niille uudet ratkaisut PDCA-syklän mukaisesti, kunnes tavoitetila saavutetaan.

(Haverila et al. 2009 s. 380–382; Rother 2010 s. 121–123; Salomäki 2003 s. 45–46)

3.5.2 Olennaista PDCA-syklin käytössä

Toyotan lisäämä ”go and see” eli genchi genbutsu tarkoittaa jatkuvaa tilanteen seuraamista paikan päällä. Tilanne muuttuu jatkuvasti ja etenkin uuden toimintamallin käyttöönotossa saattaa esiintyä odottamattomia asioita, joiden vaikutuksia ei tiedetä. Vain ensikäden tiedon avulla ja tosiasioiden pohjalta tehdyillä päätöksillä on merkitystä lopputuloksen kannalta. Jalkautuminen lisäarvoa tuottavan työn ääreen osoittaa myös kunnioitusta sitä kohtaan. Genchi genbutsu on tärkeä osa Toyotan johtamistapaa, sillä vaikka tavoitetila saavutettaisiin, niin konkreettisesti seuraamalla voi ilmetä odottamattomia turhia tai monimutkaisia toimintoja, jotka muuten jäisivät huomaamatta ja lisäarvoa tuottavan työn ymmärtäminen lisää organisaatiotasojen välistä kunnioitusta. (Liker 2012 s. 32–33; Rother 2010 s. 126–138)

Tärkeintä Toyotan ajamassa mallissa on keskittyä prosessiin. Sen mukaan tiedetään, että valtaosa ongelmista juontavat juurensa huonoon prosessiin eli systeemiin eivätkä siinä työskenteleviin ihmisiin. Toisin sanoen ongelma tulee lopulta ilmi vaikka työskentelemässä olisi toinen henkilö. Prosessiin keskittyminen myös pitää ongelman erillään ihmisistä, jolloin sitä voidaan tutkia avoimin mielin. Työntekijälle voi muuten syntyä häpeän tunnetta tai pelkoa epäonnistumisesta. Tämä voi johtaa siihen, että joitain ongelmia sivuutetaan tai asiat saadaan näyttämään hyvältä, vaikka todellisuudessa näin ei olisi. Ongelman tullessa esille, sitä tulisi pitää hyvänä tilaisuutena oppia tekemään paremmin. Toyotalla se, että ei ole ongelmaa, pidetään ongelmana. Tämä on usein länsimaisen ajattelutavan kanssa ristiriidassa. Aikaisessa ongelman havaitsemisessa etuna on aikainen reagointi, mikä säästää meitä myöhemmässä vaiheessa ongelman ratkaisulta. Edistysaskeleita voidaan ottaa välittömästi pienilläkin muutoksilla: heti pienimmänkin esteen sattuessa kohdalle, on tartuttava toimeen ja ratkaistava ongelma. Tämä konkretisoi PDCA-syklin toiminnan, kun se voidaan jakaa hyvin pieniin osiin. Nykytilan ja tavoitetilan välillä on siis useita pienemmillä askelilla saavutettuja tavoitteita, niin sanottuja väliaikaisratkaisuja, jotka ovat saaneet alkunsa samaisen PDCA ongelmanratkaisumallin avulla. (Liker 2012 s. 32–33; Rother 2010 s. 126–138)

3.6 Johtamisen merkitys Leanissa

Lean kulttuurin ja -menetelmien edelläkävijänä pidettyä Toyotaa kohtasi vuosituhaten vaihteessa kolme suurempaa kriisiä: vuoden 2008 taantuma, 2009 huoltokutsu, joka koski 2,3 miljoonaa autoa ja 2011 Japanin maanjäristys ja siitä seurannut tsunami. Tilastojen

valossa Toyota on ollut kannattava joka vuosi vuodesta 1950 vuoteen 2008 asti. Takaisinkutsukriisistä selvittyään Toyota palasi tutulle kaavalleen. Suurista kriiseistä ja vaikeista taloudellisista ajoista huolimatta Toyota on onnistunut jatkuvasti palaamaan menestyksen tielle siinä, missä moni muu on epäonnistunut. Kaikki tietävät menestyksen salaisuuden – Lean, ja se on ollut jo pitkään selvillä. Miksei sitten kaikkien yritykset kukoista ja jatka menestystarinaa vuodesta toiseen? (Liker et al. 2012)

Liker et al. (2012) kokoaa hyvin yhteen sen mitä jokaisen tulisi oppia Toyotan kokemien kriisien kautta. Vaikka Toyota selvisi kriiseistä, joiden syyt tuntuivat olevan heistä riippumattomia, heillä opittiin niistä ja syy vaikeuksiin joutumisesta selvitettiin juurisyitä myöten. Juurisyiden selvittämisen myötä paljastui heikkouksia, ei niinkään tuotannosta tai laadusta, vaan johtamisesta. Edes maailmanluokan Lean-prosessi ei pystynyt estämään kriisejä ja niistä seuranneita tapahtumia yliveraisen tuotantomallin avulla. Leanin perusajatukseen eli hukan poistamiseen ei ollut kiinnitetty tarpeeksi huomiota johtoportaan. Hukka ilmeni muun muassa ylituotantona taantuman aikana, hitaana reagointina ja tiedonkulkuna, mikä pahensi osaltaan huoltokutsukriisin vaikutuksia Toyotan maineeseen sekä päätöksien viemisenä kauas kohteesta, mikä sotii Gemban periaatteita vastaan, mikä taas pahensi tsunamin jälkeisiä vaikutuksia. Kriisit muistuttivat Toyotaa siitä, että myös johdon on sitouduttava ja autettava muita ymmärtämään, että Leanilla on perimmäinen päämäärä, jota ei koskaan saavuteta.

Toyotan entinen puheenjohtaja, Eiichi Toyoda on luonnehtinut asiaa hyvin: ”*Ylin johto on yksinkertaisesti lipunkantaja liiketoimintapäätöstä tehtäessä. Se on hyödytön, jos muut eivät seuraa lippua.*”. (Liker et al. 2012 s. 1)

Työkalut toiminnan tehostamiseksi ovat jalostuneet vuosien varrella Toyotan tuotantojärjestelmän (TPS – Toyota Production System) ja Motorolan Six Sigma – kokonaisvaltaisen laatujohtamisen myötä Lean Six Sigma nimiseksi kokonaisuudeksi. Konsultit, Lean-ohjelmat ja -koulutukset tarjoavat ratkaisuja yritysten ongelmiin. Silti vain harva onnistuu ja suurimmassa osassa yrityksissä parannusten vaikutukset ovat vain lyhytaikaisia. Epäonnistumisen syitä on analysoitu moneen otteeseen ja päätelmänä on lähes aina johdon sitoutumisen puute sekä jatkuvan parantamisen kulttuurin läpiviemisen vaikeus. Kulttuurin luominen on hidasta ja sen muuttaminen vaikeaa, myös kansalliset kulttuurierot heijastuvat yrityskulttuuriin ja tekee muutoksesta haastavaa. (Liker et al. 2012 s. 4–5)

Leanin käyttöönnotossa on otettava askel kerrallaan ja monesti valitaan yksi parannuskohde mihin Leanin periaatteita sovelletaan. Moni tekee tämän suurten tulosten toivossa ja pettyy, kun niin ei käykään. Yhden kohteen parantaminen aiheuttaa vain paikallisen parannuksen mikä kohdistuu kyseiseen kohteeseen. Liker et al. (2012) vertaa Leanin osittaista toteutusta pikadieettiin, missä laihduttaja pudottaa hetkellisesti painoa ja jonkin ajan kuluttua ollaan takaisin lähtötilanteessa. Ongelma on sitoutumisessa. Jotta parannuksen vaikutukset jäisivät pysyviksi, on siitä tultava tapa, joka elää rinnallamme jokapäiväistä elämäämme. Parannuksia voi tehdä yksi kerrallaan, mutta yksittäisten voittojen ansiosta ei voi pysähtyä juhlimaan. Aina löytyy parannettavaa ja ja parannusten tekemisestä pitää tulla arkipäivää. ”*Leanina yhtiön täytyy ihmisten tavoin elää Leanisti*”. (Liker et al. 2012 s.6-7)

3.7 Yhteinen asiakas, kommunikaatio ja ryhmätyön merkitys

Yritysten tavoitteena on toiminnan virtauttaminen tilauksesta toimitukseen. Olennaista on ylimääräisten työvaiheiden poistaminen, turhan odottamisen poistaminen ja toiminnan selkeyttäminen. Tuotannon puolella tämä on selkeästi havaittavaa, mutta Kajaste & Liukon (1997 s. 34–35) mukaan myös työnjohdon puolella on muutoksen tarve. Kun koko organisaatiolla on yhteinen käsitys asiakkaasta, jalostavia toimintoja on helpompi kohdistaa oikein. Pitkä läpäisy aika on erityisesti yrityksen ylempien tasojen ongelma varsinkin projektiluontoisissa toiminnoissa verrattuna itse valmistuksen läpäisy aikaan. Toimiston puolella voidaan kuitenkin soveltaa samoja toimintamalleja kuin valmistuksen puolella toiminnan parantamiseksi.

Esimerkkinä Kajaste & Liukko (1997 s. 34–35) esittelee mallia, missä yrityksen toimihenkilöstö työskentelee yhteisessä tilassa. Tällä muutoksella tiedonkulku nopeutuu huomattavasti sisäisen postin poistuessa, vain tarpeellisia dokumentteja on tarve säästää ja työvaiheiden prosesseja voidaan toteuttaa rinnakkain, jolloin aikaa säästyy. Työskentely muuttuu jatkuvasti yhä enemmän yhteistyökulttuuria kohden. Pienet ryhmät toimivat tehokkaasti ja ryhmän sisäiset tavoitteet selkeyttävät sen toimintaa. Ryhmille voidaan myös valita sisäinen johtaja toiminnan selkeyttämiseksi. Kirjoittajien mukaan ryhmätyöskentely ei kuitenkaan sovellu kaikille. Henkilöt ovat yksilöitä ja ryhmätyöskentely vaatii harjoittelua ja totuttautumista. Parhaiten työntekijöiden henkilökohtaiset taipumukset saadaan käännettyä hyödyksi järjestelemällä työtehtäviä sen mukaisesti.

3.8 Yrityskulttuuri ja henkilöstö

Tuotantoautomaatioon investoiminen on ollut ajankohtaista jo 90-luvulta lähtien. Tuolloin kapasiteetin lisääminen oli päätavoitteena. Kansainvälisessä mittapuussa Suomen investoinnit olivat pieniä tai keskisuuria ja kilpailukyvyn säilyttämiseksi laiteinvestoinnit olivat välttämättömiä. Moni epäonnistui tavoitteessaan ja huomattiin, että koulutukseen ja työpaikkojen suunnitteluun olisi pitänyt kiinnittää enemmän huomiota. (Kajaste & Liukko 1997 s. 11–12)

Ongelmien ratkaiseminen, ratkaisujen pysyvyys sekä jatkuva parantaminen vaatii sitoutuneen ja motivoituneen henkilöstön. Pelkillä laitteilla ei ratkaista tuotannon ongelmia vaan henkilöstön toiminnalla on tuettava laitteiden toimintaa. Läpinäkyvä toiminta organisaation kaikilla tasoilla edellyttää, että kaikilla yrityksen palveluksessa toimivilla on käsitys yrityksen tavoitteista, tarkoituksesta, toiminnasta kokonaisuutena, asiakkaiden tarpeista ja pelisäännöistä. (Kajaste & Liukko 1997 s. 50)

Henkilöstön koulutus on avainasemassa, jotta uudet toimintatavat saadaan toimimaan käytännössä. Kajaste & Liukon (1997 s. 50–53) mukaan hyvä esimerkki toimii parhaimpana opettajana ja tiedon ”valuttaminen” on koettu hyvänä keinona. Kirjoittajat viittaavat tällä siihen, että suurien muutosten yhteydessä johto koulutetaan ensin, sillä se tietää parhaiten henkilöstön sen hetkiset kyvyt ja taitotason. Näin ollen esimiehen antama koulutus on parhaiden kohdistettua ja henkilöstön tarpeet ja osaaminen saadaan täydennettyä oikein. Perustiedot yrityksestä, joita yrityksen henkilöstöllä tulisi olla ovat yrityksen tavoitteet, yritystalouden perusteet, tiedot asiakkuuksista ja tuotteista sekä toimitusketjuista. Kun perustiedot ovat kaikille selvät, toimivaltaa ja vastuuta voidaan alkaa jakaa yksityiskohtaisemmin suoraan päätöksen toteuttajille.

Kajaste & Liukon (1997 s. 50–53) mukaan toimintaa ohjataan yksityiskohtaisilla tavoitteilla, missä tekijät päättävät itse käytännön toteutuksen, suoritusjärjestyksen ja tauotuksen. Itse työn suoritusta ei valvota vaan seuranta kohdistuu tuloksiin ja niitä verrataan asetettuihin tavoitteisiin. Tämä on virheiden löytymisen kannalta edullista, kun työntekijä voi itse määritellä oman työvaiheensa suoritustavan. Tämä antaa työvaiheelle ja työntekijälle mahdollisuuden kehittyä jatkuvasti paremmaksi. Työntekijä löytää itse parhaiten työmenetelmistä kehitettävää, ja tämä tukee puolestaan monitaitoisuuden kehittymistä. Lisäksi monitaitoisuutta voidaan tukea vaihtelemalla työtehtäviä

työntekijöiden välillä. Näin myös virheet ja niiden ilmaantumisen syyt tulevat paremmin esille. Virheistä voidaan oppia ja menetelmiä kehittää, jotta päästään tavoitteeseen eli virheettömyyteen. (Kajaste Liukko 1997 s. 50–53)

4 TUOTANTOPROSESSIN KEHITTÄMISEN PROSESSI

Yrityksen kehittämistapoja on varmasti yhtä monta kuin on yrityksiäkin. Kajaste & Liukon (1997 s. 66) mukaan yhtä oikeaa tapaa muutoksen tiellä ei ole ja kehittämistapaan vaikuttaa yrityksen lähtötilanne ja miten parantavia toimia on tehty ennen. Kehitystä on usein tapahtunut ilman tarkempaa perehtymistä Leaniin tai muihinkaan aiheeseen liittyviin käsitteisiin. Kirjoittajien mukaan on kuitenkin olemassa tiettyjä toimintaa ohjaavia perusteita, joilla tavoitteeseen päästään varmemmin. Parhaiten on onnistuttu, kun on rakennettu täysin uusi tehdas ilman rasitteita periytyneistä toimintatavoista ja organisaatorakenteista.

4.1 Toiminnan kehittämisen tasot

Kajaste & Liukon (1997 s. 70–71) mukaan toiminnan kehityskaari voidaan nähdä *neljällä eri tasolla*. Ensimmäisenä ja tärkeimpänä asiana on saada niin sanottu perusosaaminen kuntoon eli laatu. Toisin sanoen tuotteen valmistuksessa tarvittavien menetelmät hallitaan niin hyvin, että prosessi tuottaa laadukkaan tuotteen. Tässä kirjoittajat eivät vielä vaadi tasaista laatua vaan yksikertaisesti, että laadun perusedellytykset olisivat olemassa. Toisena kehitysaskeleena on toimitusvarmuus. Tämä saavutetaan laadukkaiden tuotteiden ja palveluiden tuottamisen avulla. Laatujärjestelmä luo hyvän perusedellytyksen tämän tavoitteen saavuttamiselle, mutta ei yksinään takaa sitä. Laadulla saavutetaan parempi toimitusvarmuus, kun vaihtelusta päästään eroon ja läpäisyajat tuotannossa vakiintuvat. Kolmannella tasolla yritys voi siirtyä parantamaan toimitusnopeutta, tuottavuutta ja kustannustehokkuutta. Kajaste & Liukon (1997) mukaan nämä kolme ominaisuutta tukevat toisiansa ja yhden kehittäminen tukee myös toisen kehitystä. Se minkä kehitystä yritys painottaa omassa toiminnassaan määräytyy usein yrityksen asettamien tavoitteiden ja mittarien mukaan, joita voivat olla esimerkiksi läpäisy aika, nopeus tai tuottavuus. Näiden askeleiden myötä yrityksellä on neljännen tason, joustavuuden perusedellytykset, jotka antavat sille kyvyn reagoida markkinoiden ja ympäristötekijöiden muutoksiin nopealla aikataululla. (Kajaste & Liukko 1997 s. 70–71)

4.2 Nykytilanteen selvittäminen

Perusosaamisen tason saavuttamisen myötä tunnetaan prosessin kulku ja työvaiheet. Toiminnan parantamiseksi on kuitenkin selvitettävä toimintoketjut ja niiden kehittymismahdollisuudet. Ainakin tilaus-toimitusketju, uusien tuotteiden kehittäminen ja asiakaspalvelu kannattaa ottaa tarkasteluun. Tavoitteena on saada hyvä yleiskuva yrityksen nykyisestä toiminnasta ja sen ongelmista. Toimintoketjujen ongelmana on usein funktionaalinen rakenne mikä aiheuttaa paljon odottelua ja päällekkäistä työtä. Erityisesti toimintojen välisiin rajapintoihin liittyy paljon aikaa kuluttavia tekijöitä. Selvitetyhän hukan perusteella voidaan arvioida ylimääräiset kustannukset ja päättää kehitystyön lähtökohdat. Selvitys voidaan tehdä tuntumaperusteella, missä kehitystyön välttämättömyys todetaan. Toiset haluavat perusteltuja kustannuksiin liittyvää tietoa. Siinä missä isoja yrityksiä kehitetään osina, niin pieniä yrityksiä voidaan kehittää kokonaisuuksina. (Kajaste & Liukko 1997 s. 72)

4.3 Muutoksen läpivienti

Nykytilanneanalyysin perusteella tunnistettujen ongelmien perusteella voidaan valita kehitystä kuvaavat mittarit. Mittareiden avulla voidaan luotettavasti, yksiselitteisesti ja ymmärrettävästi tukea ja tiedottaa toiminnan parantamisen etenemisestä. Yleisillä mittareilla voidaan kuvata kokonaiskehitystä ja kohdennetuilla mittareilla voidaan seurata joko yksittäistä prosessia tai työvaihetta ja sen kehittymistä. Yleisiä käytettyjä mittareita ovat käyttösuhde, tuottavuus, laatuvirheet, varastojen kiertonopeudet, toimitusaika ja toimitusvarmuus sekä asiakastytytyväisyys. Olennaista on mitata oikeaa kohdetta, jotta mitattua tietoa voidaan käsitellä ja hyödyntää. Mittareiden avulla myös tavoitteisiin pääsemistä on helpompi seurata. Konkreettiset luvut kertovat suoraan toimiiko kyseinen toimenpide toiminnan parantamisessa. Lisäksi voidaan arvioida missä aikataulussa tavoitteeseen päästään. Laajoissa kehitysprojekteissa ja suurissa muutoksissa tavoitteisiin pääseminen voi kestää jopa vuosia. Silloin on hyvä asettaa välitavoitteita. Tavoitteiden saavuttaminen kannustaa jatkamaan ja saadaan selkeä kuva etenemisestä. Kehitystoimien toteutuminen vaatii oman aikansa ja varsinkin työpaikkakulttuuriin ja ajatustapoihin vaikuttaminen tapahtuu pitkän ajan kuluessa. (Kajaste & Liukko 1997 s. 66–77)

Yrityksen johdolla on suuri merkitys muutoksen onnistumiselle. Kulttuurimuutoksen lähtökohtana on esimerkillinen johtaminen ja avoimuus. Muutos on pitkäjänteistä työtä

ja olennaista sen onnistumiselle on, että kaikilla on yhteinen tavoite ja ymmärretään, miksi tavoite on saavutettava ja miksi nykytilanne ei ole tyydyttävä. Samalla on oltava yhteiset keinot tavoitteen saavuttamiselle huolellinen suunnitelma keinojen toteuttamiselle. Avainsidosryhmien tuen saaminen edellyttää, että henkilöstöllä ja yrityksen johdolla on selkeä käsitys mihin suuntaan ollaan menossa, jotta muutosvastarinnalta vältytään. Yhteisten toimintatapojen löytymiseen auttaa muun muassa Benchmarking. Siinä omaa toimintaa verrataan parhaisiin toimintatapoihin käymällä esimerkiksi alan johtavien yritysten luona vierailuilla. Tarkoituksena ei ole kopiointi vaan muiden toiminnasta oppiminen ja tiedon jakaminen. Kopioiminen suoraan on harvoin toimiva ratkaisu ja siksi kannattaa suhtautua kriittisesti näkemäänsä. Benchmarkingissa omaa prosessia verrataan muiden prosesseihin ei vain toiminnallisten tekijöiden vaan myös taloudellisten tekijöiden osalta. Vertailu helpottaa tavoitteiden asettamista ja antaa uusia näkökulmia. Nykyinen yrityskulttuuri toimii avoimesti ja yritysten väliset vierailut ovat arkipäivää. Paljon on opittu autoteollisuudelta missä tietojen avoin jakaminen on hyödyttänyt molempia osapuolia. Myös oman yrityksen sisäistä vertailua voidaan tehdä säännöllisesti, jotta omasta toiminnasta löydetään niin parhaat puolet, kuin kehittämisen kohteetkin. (Kajaste & Liukko 1997 s. 66–77)

4.4 Pienillä askelilla

Jatkuva parantamisen tulisi kohdistua koko yrityksen toimintaan, mutta Kajaste & Liukon (1997 s. 74–75) mukaan on hyvä aloittaa pienillä muutoksilla pilot-hankkeiden avulla. Näissä onnistumisen edellytykset ovat hyvät ja kokonaisuus on helposti hallittavissa eikä se muodostu liian laajaksi tai monimutkaiseksi. Ryhmän tulee olla motivoitunut, sillä tulee olla riittävät resurssit käytössä, monitaitoisuus on eduksi ja henkilöiden tulee olla yhteistyökykyisiä. Pienillä muutoksilla onnistumisia ja tuloksia saadaan nopeasti mikä luo uskoa tulevaisuuteen.

Kehitys voidaan toteuttaa myös suurilla kertaluontoisilla toimilla, kuten tuotemuutoksilla ja tehtaan virtauttamisella. Tällaiset projektit kestävät yleensä pitkään ja ne osallistavat koko henkilöstön muutoksen läpiviemiseen. Pullonkauloista tunnistettavien ongelmien ratkaisuun on olemassa monta erilaista työkalua. Analyysivaiheessa valitun ratkaisukeinon myötä muutokselle luodaan toteutussuunnitelma ja tavoitteen saavuttamiselle asetetaan aikataulu. Lean-toiminnassa muutoksia saavutetaan muuttamalla sekä yrityskulttuuria ja toimintatapoja. On olemassa yksinkertaisia ja pieniä

ongelmia, joita on helppo ratkaista. Vastaavasti yrityskulttuurin muutos vaatii eniten ponnisteluja, mutta sillä on pitemmällä aikatahtäimellä suurimmat vaikutukset yrityksen tulokseen. Suurissa muutoksissa suunnitelmallisuus ja yhteiset päämäärät ovat avainasemassa niiden onnistumisessa. (Kajaste & Liukko 1997 s. 66–70)

5 TUOTANNON NYKYTILA

Nykytilan selvityksessä keskityttiin tuotannon materiaalivirtauksien hahmottelemiseen nykyisessä layoutissa. Lisäksi selvitettiin yhden esimerkkituotteen avulla tuotannon valmistuksen eri vaiheita ja haasteita. Samalla kartoitettiin tuotannon pullonkauloja ja kehityskohteita, joiden avulla materiaalivirtauksia saataisiin parannettua ja läpimenoaikaa lyhennettyä. Tavoitteena kapasiteetin ja tuottavuuden nosto paremmalle tasolle.

Nykytilan kartoittaminen aloitettiin piirtämällä ajantasainen layout yrityksen tuotantotiloista. Kartoituksen aikana hahmoteltiin useita parannusvaihtoehtoja nykyiseen layouttiin tulevaisuutta ja suurempia tuotantomääriä ajatellen. Ideoita parannuskohteiden valintaan kerättiin sekä toimihenkilöiltä, että tuotannon työntekijöiltä. Helpon toteutettavissa olleet ratkaisut toteutettiin jo työn aikana.

5.1 Valmistettavat tuotteet ja asiakkaat

Kohdeyritys valmistaa tällä hetkellä kaivinkoneiden lisälaitteita, joista tärkeimpinä kallistajat, -pyörittäjät sekä niiden yhdistelmä eli niin sanotut rototilt -laitteet. Yritys valmistaa myös teleskooppijatkeita sekä puutavarakouria. Lisäksi yrityksellä on valmiudet valmistaa räätälöityjä tuotteita asiakkaan tilauksesta, kun tilauskanta sen sallii.

Asiakas saa yrityksen tuotteilla joustavuutta ja lisäominaisuuksia kaivinkoneelle ja voi siten käyttää yhtä konetta moneen eri työtehtävään. Yrityksen tuotteen avulla kuljettaja pystyy ohjaamaan kaivuriin liitettyä työlaitetta puomista poikkeavassa kulmassa ja pyörittämään sitä. Kehittyneemmät öljypikaliitännät mahdollistavat työvälineen vaihdon poistumatta koneen ohjaushytistä.

Päätuotteita on kolme erilaista, joista löytyy paljon eri variaatioita. Variaatiot johtuvat kaivinkoneiden eri painoluokista, erilaisista kiinnityssovitteista ja konekohtaisista ohjausjärjestelmistä. Variaatiot näkyvät valmiin tuotteen massassa, fyysisissä mitoissa ja laitteen toiminnallisissa eroissa. Asiakaskunta on hyvin monipuolinen ja kattaa kaikki kaivinkoneiden omistajat toimialasta riippumatta. Asiakaskunnan vuoksi myös tuotteen räätälöinti on monipuolista.

Kuvassa 8 näkyvä yrityksen valmistama kauhankallistaja mahdollistaa kauhankallistamisen puomin keskilinjaan nähden ± 40 astetta. Sen rakenne koostuu kahdesta suuremmasta hitsatusta osakokoonpanosta, hydrauliiikan komponenteista eli kallistusliikkeen kahdesta sylinteristä ja voitelujärjestelmästä. Kauhankallistaja on yritykselle tärkeä tuote tuotannon kannalta, sillä sen menekki on tasaista ja sen valmistuksella on pitkät perinteet.



Kuva 8. Kauhankallistaja. (Marttiini Metal Oy, 2021)



Kuva 9. Marttiini Metal Oy:n valmistama pyörittäjä. (Marttiini Metal Oy, 2021)

Kauhanpyörittäjä (Kuva 9) puolestaan mahdollistaa kauhan rajattoman pyöritysliikkeen puomin keskilinjan ympärillä. Pyörittäjään on saatavissa lisävarusteina esimerkiksi pihtivarustus ja pyörityksen anturointi. Pyörittäjä koostuu kahdesta suuremmasta hitsatusta osakokoonpanosta, mekaanisista osista sekä hydraulikan komponenteista. Pyöritysliike saadaan aikaan, kun hydraulisen moottorin pyörittämä kierukkaruuvi pyörittää hammaskehää. Kyseinen tuote on uudistumassa rakenteen osalta, jolloin sen valmistamiseen tarvitaan vähemmän komponentteja ja samoja komponentteja voidaan käyttää useammassa eri mallissa. Pyörittäjää voidaan käyttää yksinään tai kallistajan alle asennettuna. Tuotteet myydään usein pakettina, mikä tekee pyörittäjästä tärkeän yrityksen liikevaihdon.

Näiden kahden tuoteperheen lisäksi yritys valmistaa näiden yhdistelmiä eli rototilttejä. Siinä on yhdistettynä sekä kauhankallistajan, että irtopyörittäjän ominaisuudet. Käytännössä kauhankallistajan ylempi hitsauksen kokoonpano on sovitettu pyörittäjän ylempään hitsauksen osakokoonpanoon. Tällä yhdistelmällä kaivinkoneen ulottuvuutta, joustavuutta ja monikäyttöisyyttä saadaan kasvatettua huomattavasti. Kuvassa 10

nähdään yrityksen valmistama rototilt, joka on luokiteltu 35–42 tonnin painoluokan kaivinkoneisiin.



Kuva 10. Yrityksen valmistama rototilt 35–42 tonnin painoluokan koneisiin. (Marttiini Metal Oy, 2021)



Kuva 11. Yrityksen valmistama puutavarakoura. (Marttiini Metal Oy, 2021)

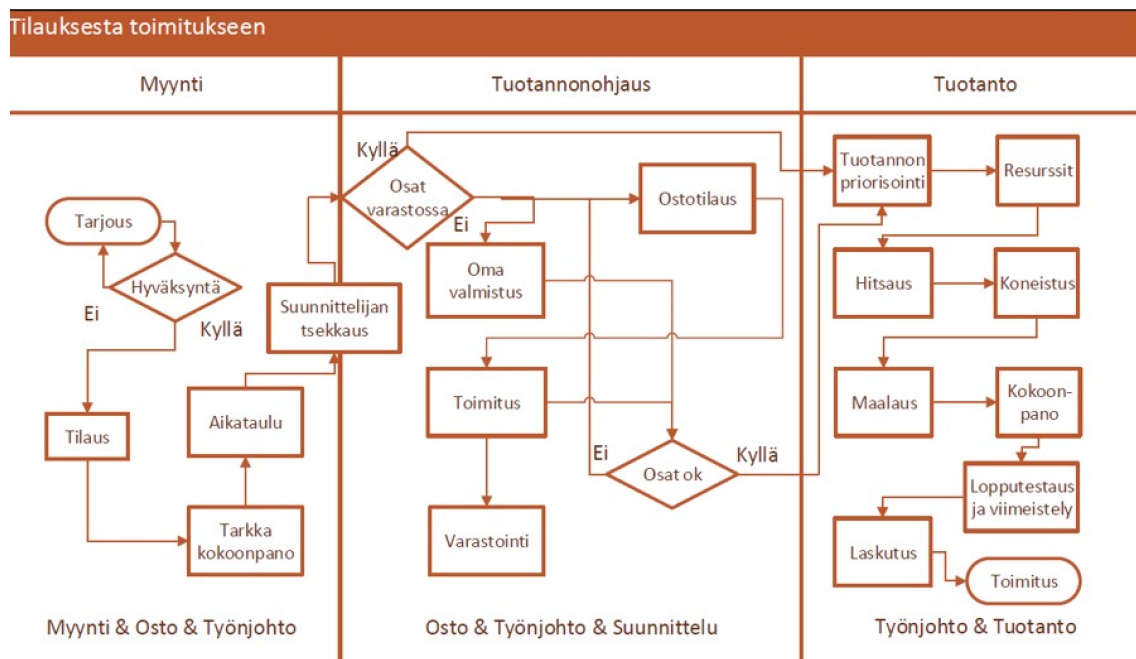
Yritys valmistaa satunnaisesti myös muita lisälaitteita kuten kuvassa 11 näkyvää puutavarakouraa, joka sopii rakenteeltaan tuotantojärjestelmään. Näiden valmistusmäärät ovat kuitenkin vähäisiä ja tuotanto on pyritty optimoimaan nimenomaan kauhankallistajien, irtopyörittäjien ja rototilittien valmistusta ajatellen. Lisälaitteiden valmistus ajoitetaan varsinkin talvikuukausille, kun tuotannossa on kapasiteettia.

Lähes jokainen tuote on tällä hetkellä asiakasräätälöity ja vaatii oman työprosessin valmistuksessa tarvittavien ominaisuuksien selvittämiseksi ja niiden sovittamiseksi valmistettavaan tuotteeseen. Tuotesuunnittelulla ja myynnillä on suuri rooli tässä vaiheessa prosessia, jotta tuote saadaan nopeasti tuotantoon ja kerralla valmiiksi. Räätälöinnin kohde on melko hyvin tiedossa jo ennen valmistamisen aloittamista. Myynnin ja suunnittelun tehtävänä on tiedustella asiakkaalta tarvittavia tietoja koko prosessin ajan.

5.2 Tilaus-toimitusprosessi

Kuvassa 12 on kuvattuna kohdeyrityksen tilaus-toimitusprosessin kulku. Yrityksellä ei ole erillistä myyntiorganisaatiota, vaan myynnin hoitaa toimitusjohtaja. Myynti tapahtuu pääsääntöisesti jälleenmyyjäverkoston kautta. Osa tilauksista syntyy passiivisesti asiakkaiden aloitteesta suoraan hinnastosta kootuista pakettiratkaisuista. Asiakas tekee tarvittaessa tarjouspyynnön laitteesta haluamillaan lisävarusteilla ja toimitusjohtaja vastaa tarjouspyyntöön.

Asiakkaan hyväksyttyä toimitusjohtajan tarjous, se muutetaan tilausvahvistukseksi ja vahvistetaan toimitusaika. Tilausvahvistus lähetetään asiakkaalle sekä kaikille toimihenkilöille. Työnjohto lisää tilauksen yrityksen tilauskantaan. Tilausvahvistuksessa on tuotteen asiakaskohtaiset spesifikaatiot, jotka määrittävät tuotannossa tapahtuvan asiakaskohtaisen räätälöinnin. Näitä ovat muun muassa asiakkaan kaivinkoneen merkki ja malli. Lisäksi selvitetään asiakkaan vaatimukset ohjausjärjestelmään liittyen ja hydraulikkajärjestelmän ominaisuudet. Tarvittaessa tilausvahvistuksen epäselvyydet selvitetään toimitusjohtajan, tuotantopäällikön ja työnjohdon toimesta.



Kuva 12. Kohdeyrityksen tilaus-toimitusprosessin kulku. (Marttiini Metal Oy, 2021)

Tuotteen lopullinen versio tarkistetaan vielä suunnittelijan toimesta, joka hoitaa tilaukseen liittyvien polttoleikkeiden tilauksen ja varaston hallinnan yhdessä työnjohdon kanssa. Tilatun tuotteen perusteella katsotaan, onko tuotteen osia varastossa, onko osat tehtävä itse vai tilataanko niitä toimittajalta. Tiettyjä osia menee yksittäisiä kappaleita ja näitä osia tilataan isommissa erissä ja pyritään pitämään varastossa. Kaikkien osien löytyessä suoraan varastosta voidaan siirtyä tuotannon priorisointiin huomioiden toimitusaika. Työnjohto siirtää tilauksen tuotannon jonoon ja organisoii töiden etenemisen tuotannon puolella.

Tuotannossa tilauksesta riippumatta kaikki päätuotteet etenevät samojen valmistusprosessien läpi. Osien valmistus tehdään polttoleikkaamalla itse paikan päällä tai tilaamalla alihankkijalta. Osat kootaan käsin hitsaamalla osakokoonpanoiksi, jotka puolestaan koneistetaan. Valmiiksi hitsatut ja koneistetut osakokoonpanot maalataan joko kasattuina tai erikseen, riippuen tuotteesta. Maalaus tapahtuu käsin siihen erikseen varatussa tilassa. Maalauksen jälkeen osakokoonpanot siirretään loppukokoonpanopisteille, joissa laitteet kootaan ja varustellaan asiakkaiden toiveiden mukaisesti. Kokoonpano kattaa hydraulikan ja sähköisten komponenttien liittämisen hitsattuihin osakokoonpanoihin. Valmis tuote koekäytetään ennen asiakkaalle lähettämistä. Työnjohto hoitaa tuotteen laskutuksen ja lähetyksen asiakkaalle.

5.3 Tuotannon ja toiminnan ohjaus

Yrityksellä ei ole käytössä ERP-järjestelmää tuotannon, materiaalien tai tilausten hallintaan. Tuotannon ohjaus tapahtuu tällä hetkellä karkeaohjauksena. Työnjohto päivittää vahvistetut tilaukset käsin pilvitallenteiseen Excel-listaan, josta muodostuu alustava tuotannon valmistuksen järjestys. Tilaukselle luodaan yksilöllinen juokseva asiakastilausnumero muotoa ATxxxxxx. Sen perusteella voidaan tehdä päätöksiä valmistuksen aloitusajankohdasta ja tarvittavien osien sekä komponenttien tilaamisesta, mikäli niitä ei ole varastossa.

Tilauslistalta nähdään myös tilauksen tila eli onko tilaus suunnittelussa, tuotannossa vai valmis. Listaansä lisätyt tilaukset päivittävät samalla vuoden aikana kertyvää liikevaihtoa. Tuotekappalekohtaiset rivit kertovat tilauksen arvon ja laskutuksen tilan. Vahvistettu lasku siirtyy kerryttämään liikevaihtoa. Listalta voidaan myös laskea vahvistetun toimituspäivämäärän perusteella keskimääräisiä tilauksen kokonaisläpäisyajoja, muttei tuotannon läpäisyajoja. Pääasiassa tilaukset pyritään viemään suoraan tuotannosta läpi. Poikkeuksena suurempia tilauksia voidaan käsitellä suurempina yhtenäisinä sarjoina ja priorisoida resursseja sekä valmistuksen aloitusajankohtaa sen mukaan.

Työnjohto poimii listalta työn alle tulevat tilaukset ja päivittää ne manuaalisesti erilliseen Word-tiedostoon. Tästä tiedostosta nähdään tarkemmin tuotannon kannalta relevantteja tietoja eli asiakkaan tarkka tilaus, tilauksen tila tuotannossa ja siihen liittyvät puutteet ja huomautukset.

Työnjohto kiertää hallin työpisteet läpi, jakaa työmääräimet ja tarkistaa töiden etenemisen. Samalla työntekijöiden kanssa käydään läpi työn alla olevien tilauksien aikataulut. Tuotannossa tilaus etenee luonnollisella tahdilla työntöperiaatteella työpisteeltä seuraavalle ja sen etenemistä seurataan tuotannossa työnjohdon kierroksilla. Tilauksia kohden käytetyt työtunnit ja työtehtävät kirjataan erillisille tuntiapuille. Työnjohto kirjaa tuotteen valmistumisen listaan ja hoitaa asiakkaan laskutuksen.

Kuvassa 13 esimerkki työntekijän täyttämästä tuntiapusta mihin hän on eritellyt käyttämänsä työtunnit työkohteen mukaisesti. Tuntiapulla voidaan eritellä normaalit ja ylityötunnit sekä työkohte.

käytössään 3000 kg siltanosturi. Toinen kokoonpanon piste (4.) käyttää samaa siltanosturia kuin maalaamo ja toinen piste siltanosturia, jonka nostokapasiteetti on 3200 kg. Kokoonpanopisteiden välittömässä läheisyydessä on varastohyllyjä komponenttien säilytystä varten. Kokoonpanon osastolla on myös ohutlevyntyöstökoneita ja kaksi prässää. Lisäksi hallista löytyy hitsausrobotti (d.), jota ei ole otettu tuotannon käyttöön.

Tuotteiden pakkaus ja lähetys tapahtuu kokoonpanopisteiden vieressä sijaitsevalla alueella. Hallin etuosassa on polttoleikkauskone (6.) ja levyvarasto sekä toimisto- ja sosiaalitilat ja komponenttivarasto (e.).

Tuotantohallissa on kolme suurta nosto-ovea, jotka vievät ulos. Tavaroiden vastaanotto ja lähetys tapahtuu polttoleikkauskoneen edustalla olevan nosto-oven kautta. Sisällä hallissa on neljä oviaukkoa hitsaamon, koneistamon sekä kokoonpanopuolen välillä. Lähestulkoon kaikki materiaalin liikuttaminen hallissa työpisteiden välillä tapahtuu trukilla. Työpisteillä nostoja pyritään tekemään puomi- tai siltanostureilla. Tuotantohallin takapihalla sijaitsevat puu- ja metallijätelavat.

5.5 Tuotantoprosessin osa-alueet ja tehtävät

Valtaosa tuoteperheiden mekaanisista komponenteista voidaan valmistaa ja koneistaa itse. Valmistus kattaa polttoleikkauksen, hitsauksen, koneistuksen sekä maalauksen. Lisäksi kokoonpano ja koekäyttö tehdään omissa tiloissa. Yrityksen kolmesta päätuotteesta jokainen käy läpi kyseiset vaiheet, kyseisessä järjestyksessä. Valmistustekniseltä toteutukseltaan prosessi on vakio tuotteesta riippumatta, vain tuotekohtaiset spesifikaatiot vaihtelevat.

Hitsauksella on suurin painoarvo tuotannon kannalta ja se on suurin yksittäinen työllistävä tekijä. Koneistuksen konekanta on monipuolinen ja kattaa hyvin tuotannon tarpeet. Kokoonpanossa työskentelee yksi henkilö, joka on erikoistunut pyörittäjien ja rototilittien kokoonpanoon. Lisäksi kokoonpanossa työskentelee kaksi henkilöä, joiden tehtävät vaihtelevat kallistajien kokoonpanon, huollon ja hitsaamon välillä. Työntekijöiden osaaminen on laajaa ja tehtävien vaihtelu onnistuu monelta sujuvasti. Toistaiseksi tuotanto toimii yhdessä vuorossa viitenä päivänä viikossa ja se työllistää 10 työntekijää.

5.5.1 Polttoleikkaus

Asiakkaan tilauksen mukaan määräytyy, tehdäänkö polttoleikkeet itse vai tilaanko ne alihankkijoilta. Suurempien tilausten yhteydessä polttoleikkauskoneen kapasiteetti ei yleensä riitä ja sen vahvuutena on yksittäistilaukset, pienemmät sarjat ja prototyyppien valmistus. Alihankintaan on alun perin siirrytty osalta pakon edessä mutta tuotantomäärien kasvaessa siihen tukeudutaan kasvavissa määrin. Leikkeet valmistetaan 4–80 mm paksuista teräslevyistä. Yleensä polttoleikkeitä valmistettaessa pyritään keräämään suurempi työjono, jotta samasta levystä voidaan leikata suurempia sarjoja, vaikka kyseessä olisi myös eri tuotteiden komponentteja. Polttoleikkaaja viimeistelee ja puhdistaa hitsaukseen menevät leikkeet hiomalla, ennen niiden lajittelua tilausten mukaan eri lavoille. Lavakohtaiset osat toimitetaan hitsaamoon.

5.5.2 Hitsaus

Hitsaamossa työskentelee 5–7 hitsaajaa, jokainen omalla henkilökohtaisella työpisteellään. Työpisteillä on omat MIG-hitsauskoneet ja 500 kg puominosturi, jota käytetään kahden työpisteen välillä yhteisesti. Työpisteillä on joko tukevat pöydät hitsausta varten tai pyörituspöydät, joiden kantavuus on 2000 kg.

Polttoleikkeet tuodaan eurolavoilla trukilla kahdesta eri hitsaamoon vievästä oviaukosta (Kuva 14 a. tai b.). Osa hitsattavista komponenteista löytyy hyllystä lavatavarana. Hitsauspisteet ovat hallin keskellä kulkevan käytävän molemmin puolin ja myös tuoteperheiden valmistus on pyritty jakamaan käytävän kahdelle eri puolelle. Tällöin sama hitsari hitsaa samoja tuoteperheen tuotteita sekä työtä ja työvälineitä on siten voitu standardoida työpistekohtaisesti. Tuotteiden hitsaukseen käytetään erilaisia mittapalikoita, joita hitsataan kevyesti kiinni osien liikkumisen estämiseksi.

Tuotteet hitsataan pääsääntöisesti kahdessa tai kolmessa suuremmassa osakokoonpanossa, jotka yhdistetään koneistukseen jälkeen. Hitsausta ei ole jaettu pienempiin työvaiheisiin, vaan sama osakokoonpano pysyy samalla työpisteellä ja työntekijällä koko hitsauksen ajan. Osakokoonpanon osat saapuvat hitsaamoon kahdella tai kolmella eri lavalla ja hitsauksen jälkeen valmis osakokoonpano siirtyy seuraavaan vaiheeseen yhdellä lavalla. Työpisteiden eristäminen on toteutettu kevyillä siirrettävillä seinillä (Kuva 15), jotka toimivat samalla valokaaren näkösuojana. Valmistusvaiheiden

osalta hitsaukseen kuluu eniten aikaresursseja ja tuotannon kuormitus suunnitellaan ensisijaisesti hitsauksen näkökulmasta.



Kuva 15. Esimerkki hitsaamon työpisteen toteutuksesta.

5.5.3 Koneistus

Osakokoonpanot siirtyvät hitsauksen jälkeen koneistamon puolelle. Koneistamossa valmistetaan manuaalikoneilla hitsauksen kokoonpanossa tarvittavia holkkeja ja tappeja sekä yksittäisiä pienempiä osia. Vaakakaraisella TOS-koneistuskeskuksella koneistetaan kaikki hitsatut osakokoonpanot ennen maalausta. Koneistuskeskuksessa hyödynnetään tuotekohtaisia jigejä ja kyseiselle koneelle on varattu runsaasti kasvuvaraa kapasiteetin osalta. Koneistuskeskuksen lokitietojen perusteella koneen käyttösuhte on noin 28 %, josta tehollinen lastuamisaika on noin 60 %. Koneen lokitiedot ovat kertyneet siltä ajalta, kun kone on ollut yrityksen omistuksessa.

Osakokoonpanot koneistetaan yleensä yksi kerralla ja kahdessa eri vaiheessa. Koneistamo toimii suurena koneistussoluna kahden työntekijän voimin. Alhainen kuormitusaste mahdollistaa sen, että töitä voidaan tehdä joustavasti. Osa osakokoonpanojen hitsatuista piirteistä estää koneistuksen. Tästä syystä koneistuksen jälkeen osa kokoonpanoista viedään takaisin hitsaamoon viimeistelyhitsaukseen.

5.5.4 Maalaus

Viimeistelyhitsauksen jälkeen osakokoonpanojen yhteensopivuus tarkistetaan, ne puhdistetaan liuottimella maalausta varten ja koneistetut pinnat suojataan. Suojaus tehdään teippaamalla pahvisia ja ruuvaamalla peltisiä suojia kiinni. Maalaus tapahtuu erillisessä tilassa, jossa on imuseinä, jotta maalihöyryt eivät leviä tuotantotiloihin. Maalauksen tekee yleensä hitsari.

Suurempien kappaleiden maalaukseen ei ole erillistä telinettä, vaan ne roikkuvat nosturista maalauksen ja maalin kuivumisen ajan. Pienemmät kappaleet roikkuvat erillisellä rekillä. Maalaus tapahtuu ruiskumaalauksena yksi- tai kaksikomponenttimaalilla. Pinta on kosketuskuiva noin tunnin kuluttua, minkä jälkeen suojaukset poistetaan ja osakokoonpanot siirtyvät lopulliselle kokoonpanopisteelle. Maalaus ajoitetaan iltapäivään, jotta kokoonpanolle olisi seuraavana päivänä työjono valmiina ja maali saisi kovettua yön yli.

5.5.5 Kokoonpano

Kokoonpanopisteitä on kaksi ja tuote ohjautuu tuoteperheen mukaan oikealle pisteelle. Pyörittäjät ja rototilit kootaan samalla työpisteellä. Tällä tavoin työtä ja työkalujen määrää työpisteillä on saatu vähennettyä ja standardoitua. Tuotekohtainen kokoonpano tapahtuu yhden työntekijän toimesta, joka on erikoistunut kyseiseen tuotteeseen. Yritys myös huoltaa asiakkaiden laitteita ja huolto tapahtuu kallistajien kokoonpanopisteellä.

5.5.6 Testaus ja lähetys

Kokoonpanopisteillä on hydrauliikkayksiköt valmiiden tuotteiden koekäyttöä varten. Kaikki uudet sekä huolletut laitteet koekäytetään ennen toimitusta asiakkaalle. Koekäytön jälkeen työ kuitataan valmiiksi ja työnjohto pakkaa ja siirtää tilauksen asiakkaalle lähetettäväksi. Pakkaus tehdään suojaamalla tuote muovilla ja toimitus tapahtuu lavarahtina.

5.5.7 Huolto

Asiakkaiden laitteiden huolto ja korjaus suoritetaan tehtaalla. Kohdeyrityksellä on ympäri Suomen yhteistyökumppaneita ja jälleenmyyjiä laitteiden huoltoon toimitusta varten. Suurempien huoltojen ja asiakasreklamaatioiden kohdalla laitteet toimitetaan tehtaalle. Huollon toimivuuden vuoksi tehtaalla pyritään pitämään vanhojen revisioiden varaosien varastoa. Lisäksi osia voidaan valmistaa, mikäli niitä ei ole hyllyssä. Huolto tapahtuu samalla työpisteellä kuin kallistajien kokoonpano.

Huoltoon saapuva laite toimitetaan ulkopuoliselle yritykselle pestäväksi. Pesty laite puretaan ja puhdistetaan rasvasta vian diagnosointia varten. Huollossa laite käy läpi samat tarkastukset kuin uudet laitteet. Huollettu laite lähetetään takaisin asiakkaalle lavarahdina.

5.6 Materiaalit, alihankinta ja varastointi

Nykytilan layoutiin on kuvattuna myös varastoinnin ja materiaalivirtauksien kannalta oleelliset kohdat. Violetit neliöt (Kuva 14) kuvaavat EUR-lavahyllyjä, joissa säilytetään osastojen mukaisia komponentteja, kuten polttoleikkeitä ja sylintereitä. Lisäksi kokoonpanon komponenteille on oma erillinen lämmin varasto (Kuva 14, e.) ja työpisteiden yhteydessä on alihankkijoiden kaapistoja (Kuva 16), joita täytetään viikoittain. Kaapistoissa säilytetään esimerkiksi pultteja, hiomalaikkoja ja muita tuotannon tarvitsemia tarvikkeita. Kaappien täyttämisestä on solmittu sopimus pientavaratoimittajan kanssa. Joitakin tarvikkeita ja osia haetaan tarvittaessa itse.



Kuva 16. Kokoonpanopisteen yhteydessä olevia kaapistoja ja hyllyjä.

Hitsatuissa kokoonpanoissa materiaalina käytetään pääsääntöisesti SSAB:n 700 Strenx erikoislujuutta rakenneterästä, jota toimitetaan joko 1,5 m leveinä ja 3 m pitkinä levyinä tai valmiina polttoleikkeinä. Levyjen paksuudet vaihtelevat tuotteiden mukaan 4 mm:stä 80 mm:iin. Levyjen varastointi on polttoleikkeen vieressä seinustalla olevissa hyllyissä ja lattialla.

Lisäksi tuotteiden hitsauksessa tarvitaan tankoja ja holkkeja, joita valmistetaan koneistamossa. Tankomateriaalin säilytys on koneistamossa sorvin yhteydessä ja valmiit osat siirretään hitsaamoon varastohyllyihin. Levy- ja tankotavara vie fyysisesti eniten tilaa varastoissa ja niiden lavakohtaiset massat voivat olla hyvinkin suuria. Suurempien sarjojen yhteydessä alihankkijan toimittamat polttoleikkesetit voivat painaa yli 2000 kg.

Muita varastoinnin ja tuotannon kannalta oleellisia materiaaleja ovat hitsauksen suojakaasu, maalit, hydrauliset komponentit, hammaskehät ja kierukkaruuvit. Hitsauskaasu syötetään työpisteille seinustoilla olevia linjoja pitkin ulkopuolella sijaitsevasta kaasupatteristosta. Maalaamossa tarvittava maalimäärä vie hyvin vähän tilaa ja sitä säilytetään tyhjiällä olevissa vanhoissa toimistotiloissa (Kuva 14 kohta 2.). Loppukokoonpanon hydrauliset sylinterit sopivat muutamille lavoille työpisteiden viereen ja pienemmät sekä tasaisen lämmön vaativat osat, kuten hammaskehät, säilytetään toimistotilojen vieressä olevassa varastotilassa. Varaosat säilytetään samoissa varastoissa kuin kokoonpanon osat.

Alihankintaan ollaan siirtymässä kasvavissa määrin polttoleikkeiden osalta, varsinkin suurempien eräkokojen yhteydessä. Myös lähes kaikki loppukokoonpanon komponentit tehdään alihankintana. Loppukokoonpanossa käytettäviä akselitappeja valmistetaan kuitenkin edelleen itse sorvattuna ja hitsattuna. Valmistamisen pitäminen itsellä vaatii varastolta monipuolisia säilytysratkaisuja ja joustavuutta ja varastonohjauksella on suuri rooli tuotannon sujuvuuden kannalta.

Varastonohjaus tehdään silmämääräisesti tarkastelemalla fyysisiä varastotasoja. Materiaalitäydennyksen päätös tehdään tarkastelemalla vahvistettuja materiaali- ja komponenttitilauksia, tuotannon jonossa olevia asiakastilauksia ja vertaamalla niitä omiin varastotasoihin. Varastotilanne tarkistetaan aina vahvistetun tilauksen yhteydessä, etenkin kriittisten osien kohdalla, joilla on pitkät toimitusajankohdat ja joiden toimitus on yhden alihankkijan varassa.

Valmiiden polttoleikesettien toimitusaika on noin 3–4 viikkoa ja niiden toimitusajankohdalla on suurempi merkitys, sillä hitsauksen kokoonpanoa ei voida aloittaa ennen setin toimitusta. Omassa tuotannossa valmistetut osat voidaan ripotella tuotantoon ja tuotanto tapahtuu rinnakkain. Loppukokoonpanon koneistettujen osien, kuten hammaskehien, toimitusaika on jopa neljä kuukautta ja näiden osalta pidetään varmuusvarastoa. Kriittistä on myös se, että ne tulevat yhdeltä toimittajalta. Myös joidenkin hydraulisten sylintereiden osalta on pidettävä huoli varmuusvaraston ylläpidosta. Muut kokoonpanon komponentit ovat yleisiä hydrauliiikan toimilaitteisiin liittyviä osia ja niiden osalta mahdollisten toimittajien määrä on suurempi.

Laitteiden ohjausjärjestelmät saadaan suoraan valmistajalta. Ohjausjärjestelmiä on erilaisia riippuen asiakkaan vaatimuksista ja kaivinkoneen mallista. Ne ovat vakiintuneita alihankkijan tuotteita eli niitä ei ole räätälöity tämän kohdeyrityksen tarpeisiin. Lisäksi niitä käytetään yleisesti muidenkin valmistajien vastaavissa tuotteissa. Tämä varmistaa hyvän saatavuuden ja vakiintuneet toimitusajat.

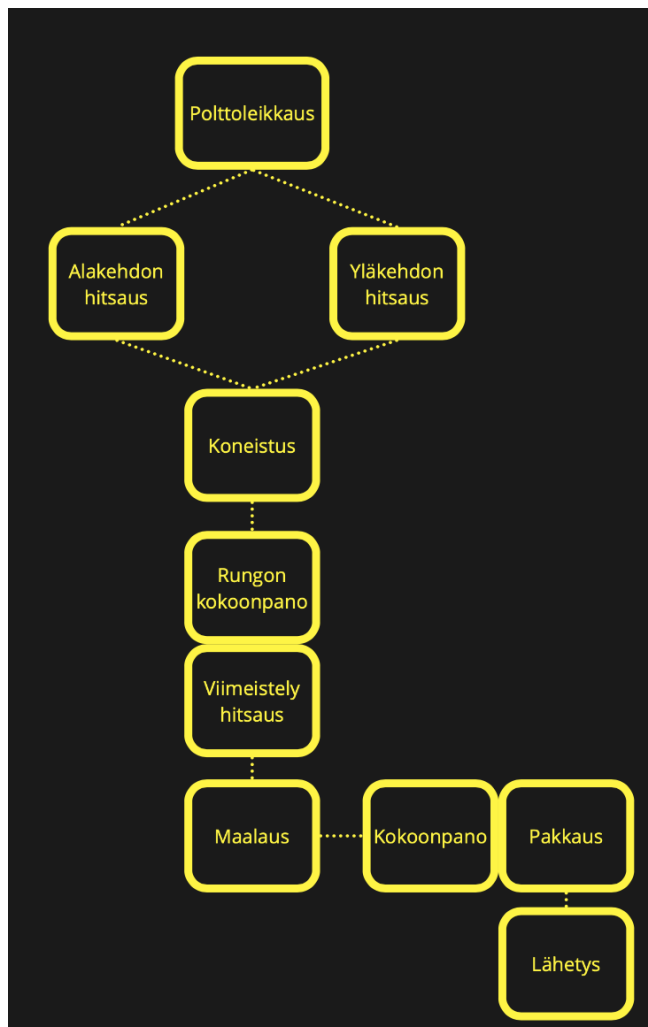
5.7 Tuotannon materiaaliveirrat

Nykytilan layoutiin kartoitettiin materiaaliveirtoja valitsemalla tuotannosta yleisin tuote eli kauhankallistaja, jonka valmistamisen prosesseja ja työvaiheita tarkasteltiin tarkemmin. Kallistaja valittiin tarkasteluun, sillä se on yrityksen määrällisesti eniten valmistama tuote. Seurannan perusteella saadaan yleispätevä tulos kaikille yrityksen tuotteille, sillä tuotteiden valmistusvaiheet ovat kaikilla samat. Toisin sanoen havaitut ongelmat ja haasteet ovat yleispäteviä ja niiden ratkaiseminen kehittää tuotantoa kokonaisuutena.

Seurannassa kallistajan valmistusvaiheet ja prosessit eriteltiin ja niihin kuuluvia materiaaliveirtoja kartoitettiin seuraamalla vaihe vaiheelta tuotteen etenemistä valmistuspisteeltä toiselle. Samalla seurannassa saatiin kerättyä alustavia tietoja eri prosessien ja työvaiheiden kestoista, prosessien omistajista ja arvoa tuottavasta toiminnasta kallistajan valmistuksessa. Valmistusta ei kelloitettu vaan valmistusajat perustuvat prosessien omistajien arvioihin. Ajat ovat kuitenkin hyvä ohjenuora tilauksen läpäisyajan ja valmistuksen läpäisyajan välisen eron hahmottamiseen.

5.7.1 Kallistajan prosessikaavio

Kuvassa 17 on kallistajan valmistuksen prosessikaavio. Valmistus aloitetaan polttoleikkaamalla hitsauskokoontanon osat. Vastaavasti on voitu tilata valmiita polttoleikesettejä suoraan alihankkijalta. Hitsaus jakautuu kahteen suurempaan osakokoonpanoon: yläkehtoon ja alakehtoon. Pääsääntöisesti osakokoonpano hitsataan aina saman henkilön toimesta. Tarvittaessa työtehtäviä voidaan kuitenkin vaihtaa hitsareiden kesken.



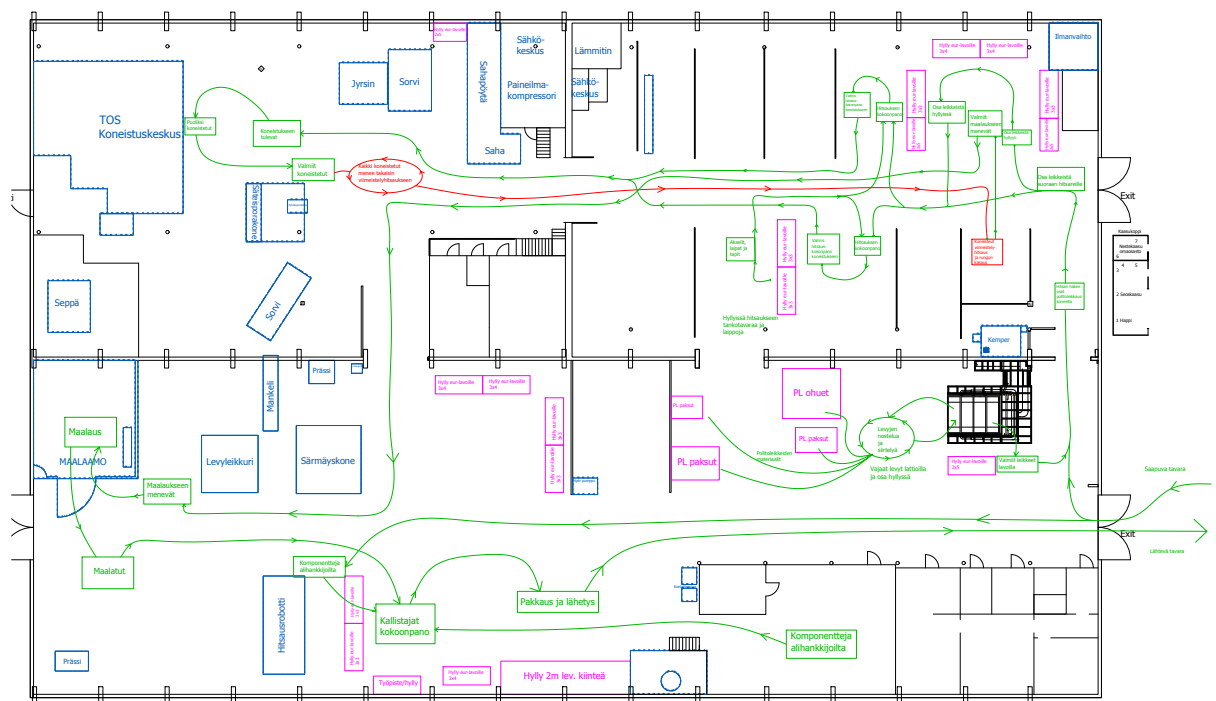
Kuva 17. Kauhankallistajan valmistuksen prosessikaavio. (Marttiini Metal Oy, 2021)

Valmiit osakokoonpanot viedään koneistukseen, missä toiminnan kannalta oleelliset reiät ja pinnat koneistetaan. Valmiiksi koneistetut osakokoonpanot viedään takaisin hitsaamoon, missä ne sovitetaan yhteen kallistusliikkeen sylintereiden kanssa. Sen lisäksi kallistajaan hitsataan komponentteja, joita ei voida hitsata ennen koneistusta.

Valmiiksi sovitettu kokoonpano viedään valmisteltavaksi maalausta varten. Siellä koneistetut reiät ja pinnat suojataan ja tulpataan. Itse maalaus tehdään käsin ruiskumaalauksena. Kuivumisen jälkeen kallistaja siirtyy kokoonpanopisteelle, missä siihen asennetaan tarvittavat hydraulikka- ja ohjausjärjestelmäkomponentit. Valmis laite pakataan ja suojataan kuljetusta varten ja työ kuitataan tehdyksi. Lisäksi tuotteen mukaan liitetään tarvittavat ohjekirjat ja takuutodistukset.

5.7.2 Materiaalivirtojen kartoittaminen

Prosessikaaviota käytettiin apuna materiaalivirtojen kartoittamisessa. Prosessit sijoitettiin layoutiin ja valmistuksen työvaiheiden välisiä liikkeitä seurattiin. Seurannan perusteella materiaalien polut hahmoteltiin layoutiin kuvan 18 mukaisesti. Materiaalivirtauksessa työvaiheet, välivarastot ja materiaalivarastot nimettiin ja materiaalien polut väritettiin sen mukaan, miten ne noudattivat virtausperiaatetta. Vihreät polut ilmaisevat materiaalin virtauksen etenevän myötävirtaan, kun taas punaiset polut ilmaisevat materiaalin kulkevan vastavirtaan. Esimerkiksi koneistuksen ja viimeistelyhitsauksen välinen polku kulkee virtausta vastaan ja vastaavasti maalaamosta kulkeva materiaali etenee virtauksen mukana kohti kokoonpanopistettä.

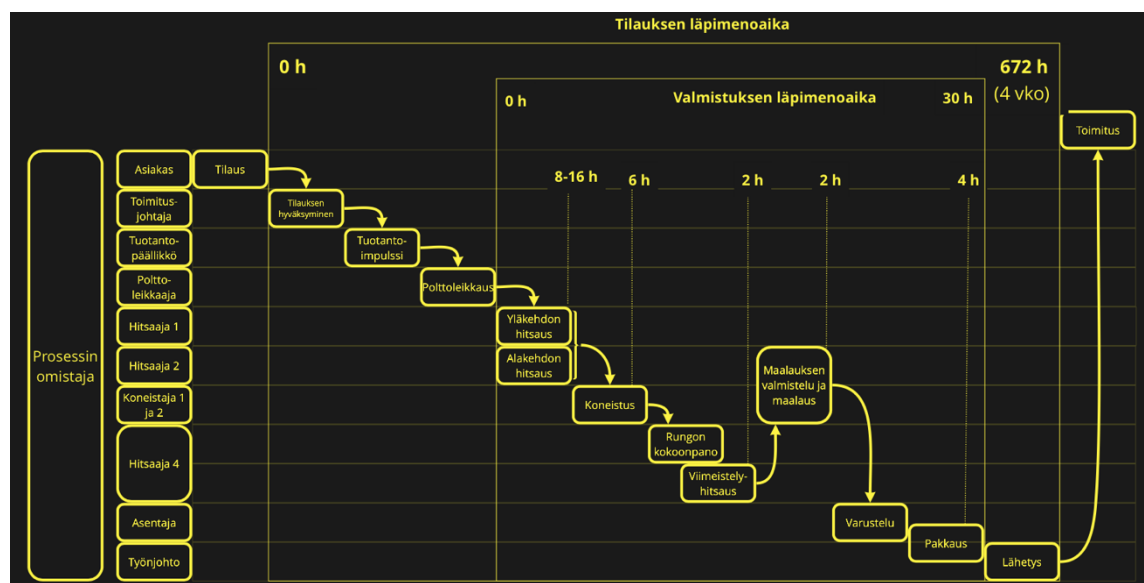


Kuva 18. Kauhankallistajan materiaalivirtaukset tuotannossa. (Martiini Metal Oy, 2021)

Lisäksi kallistajan läpimenoaikaa tarkasteltiin aiempaa tarkemmin. Tällä hetkellä tiedossa on ainoastaan tilauksen läpimenoaika, joka saadaan laskettua tuotannonohjauksen tilaustenhallinnan Excel-tiedostoon liitettyistä tilaus-toimituspäivämääristä. Tarkastelussa kauhankallistajan työvaiheita eroteltiin prosessin omistajien mukaan ja niiden kestoja arvioitiin karkeasti.

Tarkkaa kellotusta ei tehty, sillä eri variaatioiden valmistamiseen kuluva aika vaihtelee erittäin paljon, eikä yksittäisen tuotteen valmistusmäärät ole niin suuret, että sen läpäisyajan selvittäminen kertoisi tarpeeksi tuotannon tilasta. Lisäksi tuotannossa esiintyy suuresti vaihtelua ja läpäisyaikaa pitäisi seurata tilastollisesti pitempään, jotta vaihtelun vaikutus saataisiin selville. Sen sijaan aikaa arvioitiin yleisesti, jotta saadaan suhteellinen käsitys siitä, mikä vaihe tai prosessi vie eniten aikaa suhteessa muihin. Lisäksi ajat eivät erottele mitenkään arvoa tuottamattoman työn osuutta tai ota huomioon työvaiheiden välistä välivarastointia. Arviot työvaiheisiin kuluvista ajoista on tehty tuotannon työntekijöiden avustuksella.

Kuvassa 19 kauhankallistajan prosessit ja työvaiheet on eroteltuna ja niille on nimetty omistajat. Lisäksi jokaisen prosessin ja työvaiheen kesto on arvioitu ja läpäisyajat on laskettu koko tilaukselle sekä valmistukselle. Ajatuksena on verrata tilauksen läpäisyaikaa valmistuksen läpäisy aikaan sekä havainnollistaa, miten nopeasti tuotannon työntekijän näkökulmasta tuote etenee valmistuksen läpi.



Kuva 19. Kauhankallistajan läpimenoaikojen ja prosessin omistajien tarkastelua. (Marttiini Metal Oy, 2021)

Kuvasta 19 nähdään, että valmistuksen läpäisy aika on tuotannon työntekijöiden näkökulmasta varsin pieni verrattuna tilauksen läpäisy aikaan. Valmistuksen läpäisy aikaa tulisikin tarkastella vielä tarkemmin, jotta arvoa tuottamaton työ saadaan eroteltua ja lisättyä valmistuksen läpäisy aikaan. Kaavion perusteella voidaan kuitenkin todeta, että tilauksen läpäisy aika on huomattavan pitkä verrattuna valmistuksen potentiaaliseen läpäisy aikaan.

5.8 Tuotannon haasteet ja ongelmakohdat

Nykytilan selvityksen aikana kartoitettiin myös nykyisen tuotannon layoutin ja toimintamallin haasteita ja riskejä. Monet ongelmista ovat oireita, joiden ratkaiseminen ei poista itse ongelmaa, ja juurisyy on usein muualla kuin oireet. Tällöin kehitystoimenpiteen on kohdistuttava muualle kuin tuotantoon. Tässä työssä keskitytään kuitenkin tuotannon kehittämiseen ja tuotannossa olevien ongelmien ratkaisemiseen. Juurisyyn ratkaiseminen vaatii usein suuria muutoksia koko organisaation toiminnassa. Ongelmien ratkaisu kannattaa aloittaa helpoimmasta päästä ja edetä askel kerrallaan kohti juurisyytä.

Tässä kappaleessa luetellaan tuotannosta löytyneet ongelmat ja riskit, sekä kerrotaan niiden vaikutuksesta tuotantoon ja tuotannonohjaukseen. Ongelmat ovat monisyisiä, eikä niitä voida luokitella suoraan tiettyyn ryhmään. Yleisesti voitiin kuitenkin havaita esimerkiksi:

- Funktionaalisen layoutin negatiiviset vaikutukset materiaalivirtoihin ja sen aiheuttama suuri KET
- Yleisten tuotannon mittarien puuttuminen
- Tuotannonohjauksen haastavuus komponenttien ja variaatioiden suurella määrällä
- Työn vähäinen standardointi aiheuttaa vaihtelua ja häiriöitä
- Varastoinnin haasteet säilytyksessä ja järjestelmällisyydessä
- Riskienhallinta (TOS ja työnjohdon resurssit)
- Siisteyden ylläpito tuotannossa
- Resurssipula kehityksessä

5.8.1 Ongelmat layoutissa

Funktionaalisen layoutin järjestys on ristiriidassa tuotteen valmistusvaiheiden järjestyksen kanssa. Vertailemalla kuvan 17 prosessikaaviota ja kuvan 18 materiaalivirtauksia, nähdään että viimeistelyhitsaus aiheuttaa materiaalien kulkeutumista vastavirtaan. Tässä tilanteessa tuote palaa lähestulkoon linjan alkupäähän ja on siten jälleen hyvin kaukana seuraavan vaiheen eli maalauksen toteutuspaikasta.

Myös **huolto** sekoittaa layoutissa tapahtuvaa tuotantoa. Huoltopiste on integroituna kallistajien kokoonpanopisteeseen ja huollossa työskentelevä henkilö keskeyttää työnsä hitsaamossa tai kokoonpanossa huollon ajaksi. Huoltoon saapuvat laitteet ovat usein rasvaisen hiekan ja vaseliinin peitossa ja laite kuljetetaan ensin yrityksen toimesta peräkärryllä läheiselle alihankkijalle pestäväksi. Puhdistus tapahtuu vain ulkoisesti ja kestää vuorokauden. Laitteen saapuessa takaisin tehtaalle se puretaan ja puhdistetaan vielä sisäisesti. Tämä vie runsaasti aikaa ja resursseja sekä tuotannolta, että huolloilta. Lisäksi huoltopisteen lika vaikuttaa kokoonpanopisteen yleisilmeeseen ja huollon laadunvarmistukseen.

Lisäksi funktionaalinen layout aiheuttaa **KET:a ja välivarastoja** työpisteiden välillä. Tämä vaikeuttaa ensinnäkin tilausten ja tuotteiden yksilöintiä ja seuranta tuotannossa. Sama pätee laatuvirheiden jäljittämiseen, korjaamiseen ja estämiseen ennen niiden syntymistä. KET ja muut välivarastot kasvattavat myös valmistuksen läpimenoaikaa ja piilottavat mahdollisia pullonkauloja sekä valmistuksen ongelmakohtia. Tämä on lähinnä hitsaamon ongelma. Muut osastot ovat myös hyvin pitkälti funktionaalisia, mutta niissä toteutetaan vain yhtä valmistusvaihetta ja sen jälkeen tuote siirtyy materiaalivirrassa eteenpäin. Nämä osastot toimivatkin enemmän soluperiaatteella.

5.8.2 Tuotannon mittareiden puuttuminen

Tärkeiden **tuotannon mittareiden**, kuten läpimenoajan, puuttuminen pitää yrityksen pimennossa ongelmien todelliselta luonteelta ja laajuudelta. Varastot edesauttavat ongelmien peittymistä. Tuotannonohjauksen kannalta tämä hankaloittaa suunnittelua ja tuotannon kuormituksen seuranta. Yrityksen tavoittelemat suuremmat tuotantomäärät voivat koetella esimerkiksi kokoonpanopisteen kapasiteettia. Kehitystoimenpiteiden kohdistaminen oikein on tärkeää, jotta yllättävilta pullonkauloilta vältytään. Tätä varten tuotannon mittareiden käyttöönottoaminen olisi tärkeää.

Yritys on taulukoinut valmistamiensa laitteiden määrät vuodesta 2014 lähtien. Alla esitetyssä taulukossa 1, nähdään eriteltynä *keskimääräiset* vuotuiset valmistusmäärät kallistajille sekä pyörittäjille ja rototilteille. Taulukon perusteella yritys valmistaa keskimäärin noin 120 kallistajaa ja 90 pyörittäjää tai rototilttiä vuodessa.

Yrityksen arvion mukaan kallistajien kokoonpanossa kestää *keskimäärin* noin neljä tuntia ja pyörittäjän tai rototiltin kokoonpanossa noin 20 tuntia. Yrityksellä on vuodessa käytettävänä 253 työpäivää. Työpistekohtainen kapasiteetti on siten 2024 tuntia. Taulukon tietojen ja käytettävien työtuntien perusteella voidaan arvioida tuotantomäärien kaksinkertaistumisen vaikutukset kunkin tuoteperheen kohdalla.

Taulukko 1. Kallistajien sekä pyörittäjien ja rototilttien keskimääräisten vuotuisten tuotantomäärien avulla tehty kokoonpanon työpisteiden kuormitustarkastelu.

Työpisteiden lukumäärä (kpl)	Tuoteperhe	Nykyisillä tuotantomäärillä					
		Tuotantomäärä kpl/a	Työaika (h/kpl)	Tuotannon kuormitus (h/a)	Teoreettinen vuosikapasiteetti (h/työpaikka)	Kapasiteettia käytettävänä (h/a)	Työpisteen kuormitus (%)
1	Kallistajat	120	4	480	2024	1544	24
1	Pyörittäjät/Rototiltit	90	20	1800	2024	224	89
Kaksinkertaisilla tuotantomäärillä							
1	Kallistajat	240	4	960	2024	1064	47
1	Pyörittäjät/Rototiltit	180	20	3600	2024	-1576	178
2	Pyörittäjät/Rototiltit	180	20	3600	4048	448	89

Taulukosta 1 nähdään, että kallistajien osalta työpisteen kuormitusta voidaan kasvattaa huomattavasti ilman ongelmia. Pyörittäjien ja rototilttien kokoonpanopisteen kuormitus on puolestaan jo nykyisillä tuotantomäärillä äärirajoilla. Tuotantomäärien kaksinkertaistuessa kallistajien kokoonpanopisteen kuormitus nousee tasolle, jossa se on tuottava ja tarvittaessa kapasiteettia voidaan edelleen nostaa. Pyörittäjien ja rototilttien osalta kuormitus olisi 178 %. Taulukossa on esitetty kokoonpanopisteiden määrän kaksinkertaistaminen pyörittäjien ja rototilttien kokoonpanoon. Tämä riittäisi kattamaan tuotannon. Kuormitus säilyisi kuitenkin edellisellä tasolla.

5.8.3 Tuotevariaatiot

Tuotteista on olemassa **useita eri variaatioita**. Tämä tuo haasteita tuotantoon, kokoonpanoon, osien varastoinnin hallintaan ja asiakkaiden laitteiden huoltoon. Lisäksi pienet tuotantomäärät ja yksittäistilaukset ovat haasteellisia tehokkaalle tuotannonohjaukselle. Tuotannossa ja layoutissa ongelma näkyy erityisesti varastonohjauksessa. Joustavuuden ja nopean toimitusajan tavoittelussa variaatioiden tarjoaminen asiakkaalle vaatii varastoinnilta ja tuotannolta paljon. Vaihtoehtona on nopea ja joustava valmistus tai suuret kattavat komponenttivarastot. Yrityksen varastonohjaus ei kykene tällä hetkellä siihen ja nopean valmistuksen esteenä ovat kriittisten komponenttien pitkät ja vaihtelevat toimitusajat.

5.8.4 Työn standardointi ja vakiintuneet toimintamallit

Työn vähäinen standardointi aiheuttaa vaihtelua tuotannossa mikä puolestaan vaikuttaa suoraan läpäisyaikoihin ja ohjattavuuteen. Vaihtelu johtuu myös tuotevariaatioista ja suurista komponenttimääristä. Vaihtelun seurauksena tuotannonohjauksen on haasteellista ohjata kokonaisuutta tarkasti. Tämä näkyy muun muassa pitkinä toimitusaikoina ja suurina komponenttivarastoina. Vakiintuneiden toimintamallien puuttuessa tilauksen läpivienti ja toteutus vaihtelee tilauskohtaisesti.

5.8.5 Varastoinnin ongelmat ja niiden vaikutukset

Varastoinnilla on kaksi merkittävämpää ongelmaa. Ensimmäinen on toiminnallinen ongelma: varastojen ja hyllyjen käyttöä ei ole optimoitu, materiaalia ei hyllytetä ja varastojen käytöstä puuttuu yhtenäinen järjestelmä. Toisin sanoen varastojen käytöstä puuttuvat järjestys, vakiintunut tapa ja yhtenäinen järjestelmä, jotka vastaavat varastoinnin tarpeita.

Toinen ongelma on käytännön ongelma: osastojen varastoinnin tarpeet ovat riittämättömät tai epätasapainossa, joidenkin materiaalien osalta pidetään liian suuria varastoja ja osa materiaaleista on hankala säilyttää fyysisten ominaisuuksien vuoksi.

Riittämättömyyttä ja epätasapainoa voi havaita koneistuksen ja polttoleikkauksen materiaalien varastotiloissa. Tilojen riittämättömyys koneistuksen osalta johtuu osittain ylisuurista varastoista, ja polttoleikkauksen logistisena haasteena ovat pienet eräkoot sekä suuri materiaalikirjasto. Suurin osa tuotannon materiaaleista ja puolivalmisteista ovat

massoiltaan suuria, ja ne on säilytettävä säältä suojattuna. Tämä asettaa puolestaan varastohyllyille suuria vaatimuksia kantokyvyn suhteen. Monia polttoleikesettejä ei voi hyllyttää liian suurien massojen vuoksi ja tästä syystä hyllyt ovat paikoin tyhjiä ja lattiat täynnä.

5.8.6 Tuotannon selkeys ja sujuvuus sekä resurssit

Tuotannon selkeyteen ja sujuvuuteen vaikuttavia ongelmia ovat esimerkiksi tuotantotiloissa olevat huonosti sijoitetut, tarpeettomat tai vähän käytetyt työstökoneet esimerkkinä hitsausrobotin sijainti ja ohutlevyntyöstökoneet. Selkeyteen vaikuttavat myös ylimääräiset tuotantoon kuulumattomat tavarat, yleinen siisteys ja varastoinnin ongelmat. Nämä ongelmat luovat sekavan vaikutelman tuotannosta ja estävät tuotantotilojen tehokkaan ja tarkoituksenmukaisen käytön.

Lisäksi resurssipula heijastuu tuotannon sujuvuuteen, siisteyteen ja järjestykseen. Työnjohto joutuu käymään ajoittain tehtaan ulkopuolella hakemassa puuttuvia osia tai tarvikkeita ja lähettämässä varaosia asiakkaille. Työnjohdon poissaolo hidastaa tuotantoa ja häiriötilanteessa aiheuttaa sen pysähtymisen, mikäli työntekijä kohtaa ongelman.

Edellä mainitut ongelmat johtuvat osittain resurssipulasta, mutta myös yhteistyön ja alihankinnan toimituskyvyn puutteesta. Tuotanto nojaa tässä tapauksessa yhteen avainhenkilöön, mikä on riski tuotannon jatkuvuuden kannalta. Koneistus nojaa puolestaan yhteen avainkoneeseen eli TOS-koneistuskeskukseen. Alueen muilta yrityksiltä ei ole saatavilla tämän kokoluokan koneistuspalveluja ja häiriön sattuessa tuotanto pysähtyy.

6 KEHITYSKOhteet

Kehityskohteiden valintojen taustalla ovat yrityksen omat ja tämän työn tavoitteet sekä turvallisuusnäkökulmat. Näiden avulla edellisessä kappaleessa havaittujen ongelmien ja haasteiden ratkaisemiseksi kehityskohteita alettiin valikoimaan ja kehityskohteisiin mietittyjä parannuksia toteuttamaan.

6.1 Tavoitteet

Yritys on tunnistanut jo aiemmin osan nykytilan selvityksessä paljastuneista ongelmista. Sen tavoitteet tuotannon kehittämisen osalta ovat hitsaamon kapasiteetin nostaminen ja tuotannon selkeyttäminen. Lisäksi hitsausrobotti halutaan siirtää hitsaamoon, jotta se voidaan ottaa osaksi tuotantoa. Viimeistelyhitsauspiste halutaan siirtää koneistuksen jälkipuolelle, jotta materiaalivirtauksia saadaan parannettua. Tuotannon ja etenkin hitsaamon yleisilmettä halutaan uudistaa ja yhtenäistää paremman tuottavuuden tavoittelemiseksi.

Yrityksen tunnistamat ongelmat todettiin myös nykytilan selvityksessä. Myös muita epäkohtia löydettiin, joihin puuttuminen voidaan tehdä yksinkertaisilla toimenpiteillä ja päätöksillä. Esimerkiksi tuotannon selkeyteen ja sujuvuuteen liittyvien ongelmien ratkaisemiseen on olemassa monta työkalua, joista osa esiteltiin teoriassa.

6.2 Muutoksissa huomioitavaa

Layoutin muokkaamisessa turvallisuusnäkökulma on otettava huomioon. Pelastusteilte, ensiapukalustolle ja sammuttimille on oltava esteetön kulku ja laitteiden palo- ja sähköturvallisuusmääräykset on otettava huomioon. Hitsaamon prosesseissa vapautuu runsaasti hienojakoista pölyä, mikä puolestaan vaikuttaa varastoitaviin materiaaleihin. Materiaalien säilytyksessä myös paloturvallisuus on otettava huomioon. Lisäksi muutosten vaikutukset trukki- ja materiaaliliikenteeseen tulee huomioida. Epäedulliset liikesuunnat ovat usein myös turvallisuusriski.

Kehitystyössä on hyödynnettävä mahdollisimman paljon yrityksen vahvuuksia: moniosaaminen, ammattitaito ja kokemus. Muutokset on pyrittävä tekemään ilman, että

tuotanto keskeytyy. Ennen muutoksia on tehtävä kattavat suunnitelmat, joissa jatkokehitysmahdollisuudet on pyrittävä ottaa mahdollisimman hyvin huomioon.

6.3 Kehitysideoiden valikoituminen

Kehityskohteet valikoituivat nykytilan selvityksessä löytyneiden ongelmien ja yrityksen toiveiden perusteella. Kehitysidean siirtyminen toteutukseen tehtiin työn tutkimuskysymyksen asettelun perusteella: *Millä keinoin perinteisen keskiraskaan konepajatuotannon tehokkuutta voidaan nostaa hyödyntämällä nykyisiä resursseja ja tiloja?* Tämän perusteella tärkeimmiksi kehityskohteiksi valittiin:

- Viimeistelyhitsauspisteen siirtäminen koneistusvaiheen jälkipuolelle
- Huollon työpisteen kehittäminen
- Hitsausrobotin siirtäminen hitsaamoon
- Hitsaamon työpisteiden kehittäminen selkeämmiksi ja yhdenmukaisemmiksi
- Varastoinnin selkeyttäminen tuotannossa

6.3.1 Viimeistelyhitsauspiste

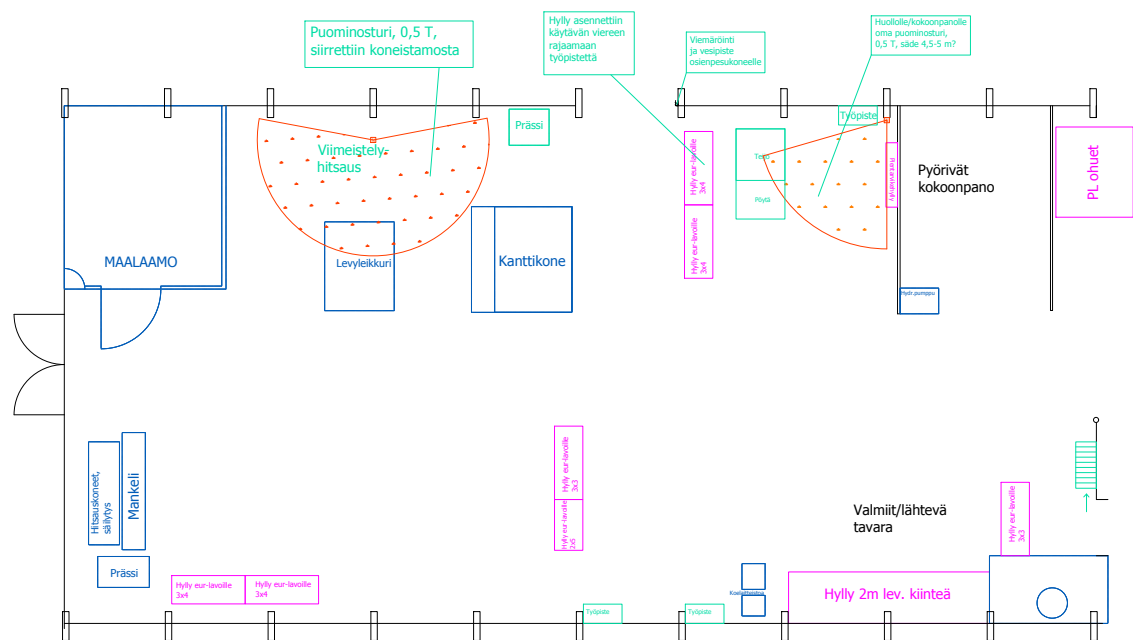
Tärkeimmäksi konkreettiseksi tavoitteeksi valittiin viimeistelyhitsauspisteen siirtäminen valmistusjärjestyksen mukaiseen paikkaan. Muutoksen myötä saadaan materiaalivirtaukset korjattua Lean-periaatteen mukaiseksi. Ajatuksena uudessa työpisteessä on, että materiaali saapuu koneistamosta ja poistuu maalaamon vierustaa, jolloin syntyy työpisteen sisäinen materiaalin läpivirtaus. Tuotanto muuttuu selkeämmäksi ja hitsaamon varastot kevenevät. Lisäksi työpisteellä työskentelevän henkilön ei tarvitse enää kävellä hitsaamosta kokoonpanoon, kun uusi työpiste sijaitsee kokoonpanopisteen lähellä. Muutoksen myötä edestakaista trukkiliikennettä saadaan vähennettyä ja hitsaamon tiloja selkeytettyä, mikä vaikuttaa positiivisesti turvallisuuteen.

Kuvasta 20 nähdään uuden työpisteen sijoittuminen layoutiin. Uudelle työpisteelle siirrettiin koneistamon käyttämättömänä ollut 500 kg puominosturi. Samalla koneistamoon vapautui lisää tilaa. Työpisteen paikalta poistettiin metallimankeli, joka on ollut pitkään käyttämätön. Hitsaamossa viimeistelyhitsauspisteen koko oli 3x3 metriä, joten uuden työpisteen kokoa ei ollut tarve kasvattaa sen suuremmaksi. Kasvuvaraa on kuitenkin, mikäli levyleikkuri ja särmäyskone poistetaan. Uudella työpisteellä oli valmiina suojakaasu- ja paineilmalinjasto.

6.3.2 Osienpesukoneen sijoitus uuteen layoutiin

Nykytilan analyysistä kävi ilmi asiakkaiden laitteiden huoltoon liittyviä ongelmia, jotka vaikuttavat suoraan tuotannon sujuvuuteen sekä huollon laadunvarmistukseen. Yritys päätti investoida osienpesukoneeseen, johon saadaan mahtumaan kokonainen laite.

Kone pesee laitteen 20 minuutissa ja pesutulos on huomattavasti parempi, kuin aikaisemmin alihankkijalla tehty pesu. Koneen avulla vian diagnosointiin päästään tunnissa. Tässä ajassa laite pestään ulkoisesti ja puretaan. Huollon kannalta aikaa säästyy vuorokausi, vian diagnosointi nopeutuu sekä huollon laatu nousee huomattavasti. Lisäksi laitteen pesuun vieminen ei sido työntekijää asiakkaan kannalta arvoa tuottamattomaan työhön.



Kuva 20. Viimeistelyhitsauksen ja huollon työpisteiden sijoittaminen uuteen layoutiin. (Marttiini Metal Oy, 2021)

Osienpesukoneen asennuksen kannalta kriittiset tekijät olivat sähköistys, vedenpoisto ja veden lisäys sekä höyrynpisto. Ainut sopiva asennuspaikka löytyi kuvassa 20 näkyvästä kohdasta. Pestävän kappaleen asettaminen koneeseen vaatii nosturia, mutta kappaleen tuominen koneen edustalle vaatii truckia. Kuvan 20 mukaisen layoutratkaisun myötä työskentelyyn jää riittävästi tilaa ja huoltopiste voi lopulta siirtyä kokoonpanopisteeltä pois omaksi solukseen, joka selkeyttää tuotantoa.



Kuva 21. Osienpesukone ja hylly asennettuna tulevalle huoltopisteelle.

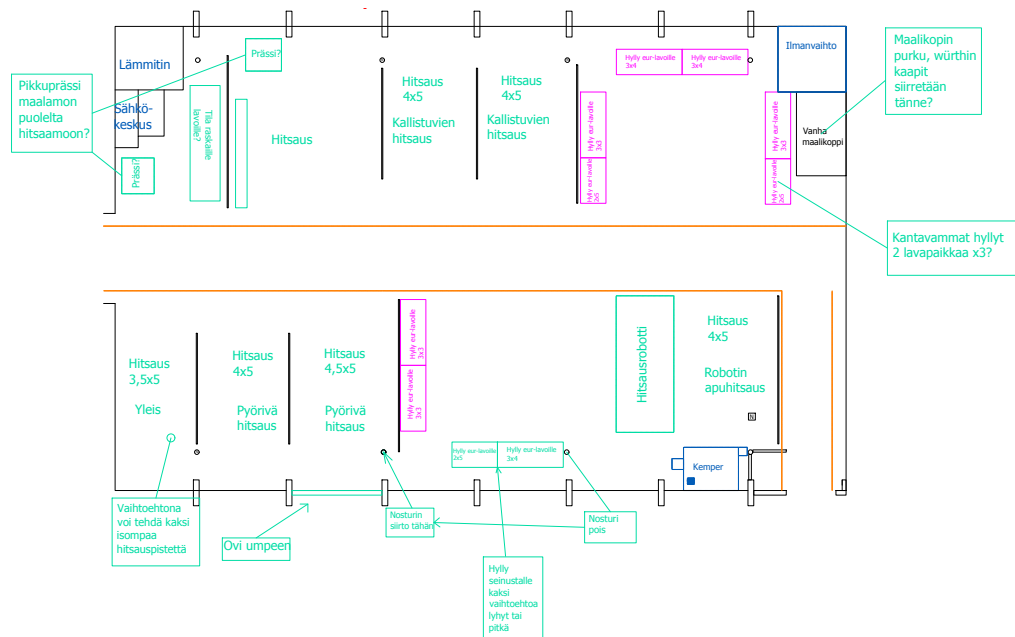
Kuvassa 21 nähdään osienpesukone asennettuna. Vanhassa layoutissa olleet varastohyllyt purettiin, joista toinen pystytettiin käytävän reunalle. Hylly toimii huoltopistettä eristävänä elementtinä ja viimeistelyhitsauspisteen puskurivarastona. Turvallisuuskulmasta hylly poistaa entisessä layoutissa tapahtunutta trukilla oikomista ja pakottaa trukkiliikenteen kulkemaan työpisteen rajojen ulkopuolella. Pesukoneen oikealle puolelle voidaan sijoittaa huoltopisteen tarvitsema työpiste, puominosturi ja komponenttivarasto varaosille.

6.3.3 Hitsaamon uudistukset

Yrityksen tavoitteena on ollut nostaa hitsaamon kapasiteettia ja tuottavuutta. Nykytilan selvityksessä todettiin, että hitsaamon toimintaa pitäisi selkeyttää ja hitsausrobotti tulisi siirtää hitsaamoon. Hitsaamon kapasiteettia lähdettiin nostamaan layoutmuutoksilla, joilla lattiapinta-alaa ja konekantaa saataisiin hyödynnettyä paremmin. Haasteena muutoksien toteuttamiselle oli hitsaamon tuotannon jatkuvuus. Tästä syystä layout suunniteltiin huolella ja sille laadittiin vaiheistettu toteutussuunnitelma.

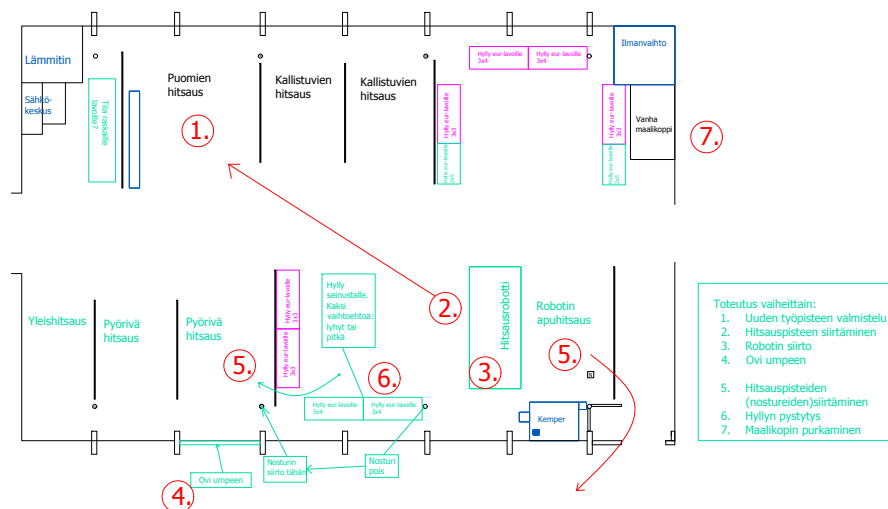
Uudessa layoutissa hitsausrobotin sijainti oli merkittävä kasvavien materiaalivirtojen kannalta. Toisaalta haluttiin välttää nostureiden ja hyllyjen siirtelyä. Myös hitsareiden

työpisteiden lukumäärä haluttiin säilyttää nykyisellä tasolla. Kuvasta 22 nähdään lopullinen layoutsuunnitelma, jota lähdettiin toteuttamaan



Kuva 22. Hitsaamon layoutin muutosehdotus. (Marttiini Metal Oy, 2021)

Haasteena hitsaamoon tehtävissä muutoksissa oli tuotannon jatkuminen keskeytyksettä. Tästä syytä muutosten tekemiseen laadittiin kuvan 23 mukainen vaihteittainen toteutussuunnitelma. Suunnitelma auttoi työvaiheiden jäsentelyssä ja välivaiheet varmistivat johdonmukaisen työskentelyn.



Kuva 23. Hitsaamon layoutiin toteutettavat muutokset vaiheittain. (Marttiini Metal Oy, 2021)

Layoutin toteutuksessa robotin ympärille jätettiin työskentelytilaa operaattorille, sekä saapuvalle ja lähtevälle materiaalille. Robotin vasemmalla puolella sijaitsee lähtevälle materiaalille oma hylly. Kallistajan materiaaalivehitystä tarkasteltaessa (Kuva 18) huomattiin, että oviaukolla ei ole suurta merkitystä. Oviaukon sulkeminen mahdollisti uuden hitsarin työpisteen. Lisäksi yksi hitsauspiste jaettiin kahteen osaan, mikä mahdollisti yhden työpisteen lisäyksen.

Suunnitelman toteutus vaati yhden nosturin siirtämisen hitsaamossa ja yhden nosturin siirtämisen koneistamosta uudelle viimeistelyhitsauspisteelle. Varastohylly saatiin siirrettyä tarpeettomana uuden huoltopisteen edestä. Uudessa layoutissa vakituksille hitsareille on yhteensä seitsemän työpistettä, joista yksi on robotille valmisteltavien kappaleiden hitsaukseen.

6.3.4 Askel kohti hitsaamon 5S:n mukaisia työpisteitä

Layoutmuutoksilla hitsaamoon saatiin hitsausrobotti ja seitsemän hitsauspistettä. Muutoksilla mahdollistettiin hitsaamolle valmiudet, joilla voidaan nostaa hitsaamon tuotantokapasiteettia. Hitsaamon tuottavuutta lähdettiin hakemaan myös tuotannon selkeyttämisen näkökulmasta.

Hitsaamon työpisteet ovat ulkonäöllisesti karuja, mutta toimivia. Ne ovat työntekijäkohtaisia ja tämä asettaa haasteita uusien työntekijöiden perehdyttämisessä ja työntekijöiden siirtymisessä eri työpisteille. Yhtenäinen ja selkeä ilme läpi hitsaamon mahdollistaa työntekijän siirtymisen toiselle työpisteelle ilman, että aikaa kuluu työkalujen ja tarvikkeiden etsimiseen. Hitsaamon ilmettä modernisoitiin, yhdenmukaistettiin ja selkeytettiin suunnittelemalla työpisteiden rajaukseen uutta ratkaisua. Toimivaa ratkaisua tullaan soveltamaan muualle tuotantoon, kun sopiva kokonaisuus on saatu valmiiksi.

Nykyisellään työpisteiden rajauksessa käytetään kuvassa 15 näkyviä vanerisia kevyitä suojia. Ongelmana näiden käytössä on ollut työpisteiden leviäminen. Myös suojaava vaikutus on heikko melua, kipinöitä ja pölyä vastaan. Lisäksi ongelmana ovat työpisteiden seinustoilla olevat puiset pöytätasot, joille on tapana kertyä ylimääräistä tavaraa. Esimerkkejä sovelluksista etsittiin hitsausalan teollisista julkaisuista ja kaupallisista ratkaisuista.

Syntyi idea seinästä, joka toimisi samalla säilytystilana ja ääntä vaimentavana työpistettä rajaavana elementtinä. Toteutettu malli on rakennettu reikälevystä, jonka väliin on laitettu palonkestävää villaa (Kuva 24). Tällä ratkaisulla haetaan ääntä vaimentavaa vaikutusta ja ehkäistään seinään kohdistuvista iskuista aiheutuvaa meteliä. Jäykkä metallinen runko mahdollistaa suuremman kantavuuden ja seinään asennettiin standardisoituja reikälevyjä, joihin voidaan lisätä työpisteellä tarvittavia kiinnityselementtejä työkalujen säilytystä varten. Korkeampi seinä antaa myös työrauhan ja suojaa muita työntekijöitä hionnan ja hitsauksen lentäviltä kipinöiltä. Seinä on moduulimainen eli seiniä voidaan valmistaa standardikokoisesta 1000x2000x1 mm paksusta levystä kahta eri leveyttä: 2 m tai 1 m. Valmis elementti ankkuroidaan lattiaan ja voidaan asentaa haluttuun pituuteen ja muotoon.



Kuva 24. Hitsaamon väliseinän kokeiluversio asennettuna.

Kokeiluversion myötä työntekijöiden keskuudessa alettiin keskustelemaan työpaikan viihtyvyydestä ja työnteon sujuvuudesta. Seinän tehokas käyttö vaatii kuitenkin hitsaamon työn standardointia ja työntekijän oikeaa asennoitumista työpisteen

järjestykseen. Saatujen kokemuksien perusteella seinä todettiin toimivaksi ja se muuttaa merkittävästi hitsaamon yleisilmettä. Tulevaisuudessa seiniä tullaan valmistamaan jokaiseen hitsaamon työpisteen yhteyteen, sekä vastaavia ratkaisuja muualle tuotantoon yhtenäisen ilmeen luomiseksi.

6.3.5 Varastointi ja KET

Nykytilan selvityksessä kävi ilmi varastojen ja KET:n merkitys tuotannon selkeydelle ja sujuvuudelle. Työntekijöiltä kuluu päivässä paljon aikaa lattialle varastoitujen suurten lavojen siirtelyyn ja osien etsimiseen. Ongelmana ovat materiaalivirrat ja varastoinnin käytännön toteutus. Edellisissä kappaleissa mainitut muutokset poistivat joitakin varastoinnin ongelmia.

Yksi hitsaamon varastoinnin ongelmista poistui viimeistelyhitauspisteen siirron myötä. Työpisteelle saapuva materiaali saatiin ohjattua pois hitsaamosta ja hyllyjen edustat vapautuivat. Tämä mahdollistaa varastohyllyjen tehokkaan käytön.

Hitsaamon ja polttoleikkaamon välisen oven laittaminen umpeen toi lisää tilaa paitsi hitsaamoon, myös polttoleikkaukselle, missä levyjen siirtely vaatii runsaasti lattiapinta-alaa. Lisäksi hitsaamoon pystytettävä hylly mahdollistaa polttoleikkeiden siirtämisen kokoonpanosta hitsaamoon ja hitsauksen komponenttien jakamisen selkeyden vuoksi tuoteperheittäin eri puolille käytävää.

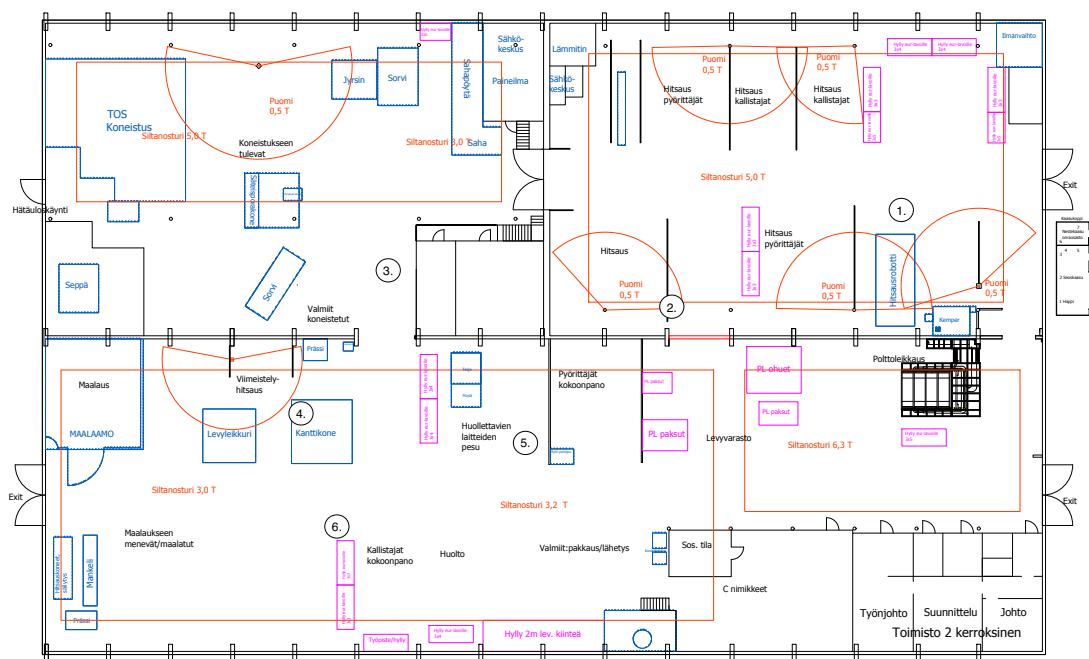
Layoutmuutosten myötä useita koneita ja laitteita saatiin siirrettyä, joko osaksi tuotantoa tai pois tuotannosta vapauttaen tilaa muille toiminnoille. Samalla siivouksissa saatiin varastoihin peittynyttä tavaraa takaisin tuotantoon tai siirrettyä pois. Ylimääräisen tavaran poistaminen tuotannosta selkeyttää kokonaisuutta ja helpottaa varsinkin raskaiden lavojen säilyttämistä ja siirtelyä. Nykyiselle toimintamallille nähtiin parhaaksi hyllyjen pystyttäminen, jotta saadaan tilaa liikkua. Ylisuurista varastoista ja KET:sta eroon pääseminen vaatii kuitenkin muutoksia myös tuotteeseen ja organisaatioon.

7 MUUTOSTEN VAIKUTUS

Edellisessä kappaleessa esiteltyjen toteutettujen muutosten myötä tuotantoprosessissa on havaittavissa monia muutoksia. Osa muutoksista vaikuttaa suoraan työpisteiden toimintaan ja osa materiaalivirtauksiin. Muutosten myötä avautui uusia mahdollisuuksia ja kohteita, joita olisi mahdollista kehittää edelleen. Kaikilla toteutetuilla muutoksilla tähdättiin tulevaisuuden tavoitteeseen, missä tuotantomäärät olisi tarkoitus tuplata ja tuotanto virtauttaa.

7.1 Layout muutosten jälkeen

Tällä hetkellä tehtaan layout on kuvan 25 mukainen, joka on esitetty myös liitteessä 2. Siitä nähdään, että tärkein tavoite eli viimeistelyhitsauspisteen (4.) siirto on saatu tehtyä. Hitsauspiste on käytännössä siirretty sellaisenaan uudelle paikalleen. Hitsausrobotti on saatu siirrettyä pois kokoonpanosta (6.) hitsaamoon (1.) ja sen käyttö on aloitettu. Siirron myötä oviaukko (2.) laitettiin umpeen. Osienpesukone (5.) on asennettu layoutiin suunnitelmien mukaisesti, mikä muutti huollon viivettä lyhyemmäksi. Lisäksi koneistamoon saatiin lisää tilaa (3), kun käyttämätön nosturi siirrettiin viimeistelyhitsauspisteelle. Vapautunut tila voidaan hyödyntää koneistettujen kappaleiden sijoittamiseen, mikä selkeyttää koneistamon materiaalivirtoja.



Kuva 25. Tehtaan layout muutosten jälkeen. (Martiini Metal Oy, 2021)

7.3 Turvallisuusnäkökulma

Edellisessä layoutissa oli havaittavissa kohtia, jotka olivat turvallisuusriskejä. Muutosten myötä etenkin trukkiliikennettä saatiin rajattua tietyille reiteille. Hitsaamoon vievän oven sulkeminen tekee hallien välisestä liikennöinnistä ennustettavaa. Tämä kohentaa erityisesti jalankulkijoiden turvallisuutta. Lisäksi tilan eristäminen auttaa tulipalon sattuessa palon hallintaa. Hitsaamon paloturvallisuutta parannettiin myös siivoamalla tiloja ja poistamalla työpisteiden eristeinä toimineita vanerisia seiniä. Siistit tilat varmistavat pääsyn ensisammutuskalustolle ja vapaan pääsyn poistumisreiteille. Lisäksi puisia lavakauluksia ja lavoja alettiin keräämään järjestelmällisesti pois hitsaamosta.

7.4 Tulevaisuuden layout ja tuotanto

Työn tuloksena saatiin kattava yleiskatsaus tuotannon nykytilasta. Sen perusteella lähdettiin suunnittelemaan tulevaisuuden layoutia, jonka toteuttaminen on johdettavissa nyt laaditun uuden layoutin pohjalta. Yrityksen tavoitteena on rakennuttaa uudet tuotantotilat, joissa maalaus ja kokoonpano voivat toimia standardien vaatimissa olosuhteissa. Tulevaisuuden layout toimii välivaiheena ennen maalauksen ja kokoonpanon siirtymistä uusiin tiloihin. Tulevaisuuden layoutissa on tarkasteltu erityisesti kokoonpanon asetelmaa. Kasvavien tuotantomäärien edessä on arvioitava, mitkä resurssit voivat muodostua tuotannon pullonkauloiksi.

Tulevaisuuden layoutin on tarkoitus tarjota yritykselle realistinen ja toteutuskelpoinen ratkaisu, jonka käyttöönotto tukee yrityksen tulevaisuuden visiota ja auttaa sen saavuttamisessa. Lisäksi sen on tarkoitus toimia etenkin kokoonpanon sisäänajona, jotta yrityksellä on valmis ratkaisu uusiin tuotantotiloihin siirryttäessä.

7.4.1 Vaiheistettu ja virtautettu kokoonpano

Tässä työssä toteutettu layout vastaa jo osittain hitsaamolta vaadittuun kapasiteetin nostoon ja koneistuksen kapasiteettia on edelleen paljon käytettävissä. Kokoonpano on riski, sillä tuoteperhekohtaisia kokoonpanopisteitä on vain kaksi: yksi kallistajille ja yksi pyörittäjille ja rototilteille. Nykyisillä tuotantomäärillä tämä riittää kattamaan tuoteperheiden tuotannon. Nykyisillä menetelmillä yrityksen tavoittelemat kaksinkertaiset tuotantomäärät kaksinkertaistavat myös kokoonpanon työmäärät. Lisäksi muuttunut tuoterakenne vaatii totuttelua kokoonpanossa, mikä voi lisätä läpimenoaikoja.

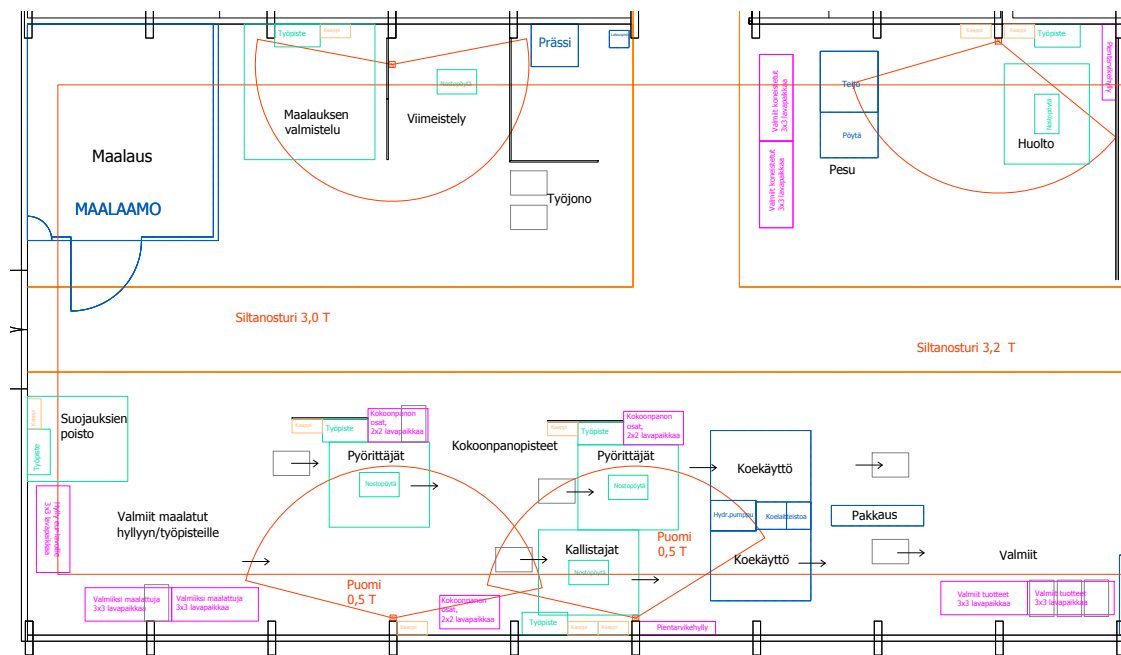
Toisaalta kasvavien tuotantomäärien seurauksena myös huollettavien laitteiden määrä voi kasvaa. Tuotannon selkeyden, sujuvuuden ja turvallisuuden kannalta huollon työpiste on hyvä erottaa kokoonpanosta omaksi soluksi. Tulevaisuuden kannalta on tärkeää selvittää tämänhetkiset huollon ja kokoonpanopisteiden kuormitukset ja arvioida niiden kehitystä.

Tulosten perusteella työpisteiden lukumäärää tulee kasvattaa, jotta kasvaviin tuotantomääriin voidaan vastata. Toisaalta työmenetelmiin tulisi kiinnittää huomiota, jotta kokoonpanoaikaa saadaan laskettua ja siten kuormitusta alennettua hallittavalle tasolle. Esimerkiksi kokoonpanon suorittaminen kahdessa tai useammassa vaiheessa voi auttaa läpäisyajojen pienentämisessä.

Taulukon 1 perusteella layoutia muuttamalla voidaan vastata kasvaviin tuotantomääriin. Tulevaisuuden layoutissa kokoonpano voidaan jakaa pyörittäjien osalta kahdelle eri työpisteelle. Yksinkertaistettuna tämä mahdollistaa, nykyisillä menetelmillä tuotannon kaksinkertaistamisen. Vaihtoehtoisesti kokoonpano voidaan jakaa kahteen osakokoonpanoon, ja niiden yhteen liittäminen tapahtuisi jälkimmäisellä työpisteellä. Ensimmäinen vaihtoehto kaksinkertaistaa tuotantomäärät ja toinen puolittaa läpäisyajan. Molemmat menetelmät työllistävät kaksi henkilöä. Ensimmäinen vaihtoehto on kopio nykyisestä työpisteestä ja siten yksinkertainen toteuttaa. Jälkimmäinen vaatii työmenetelmien tutkimista ja kehittämistä, jotta kokoonpanon vaiheistus onnistuu sujuvasti.

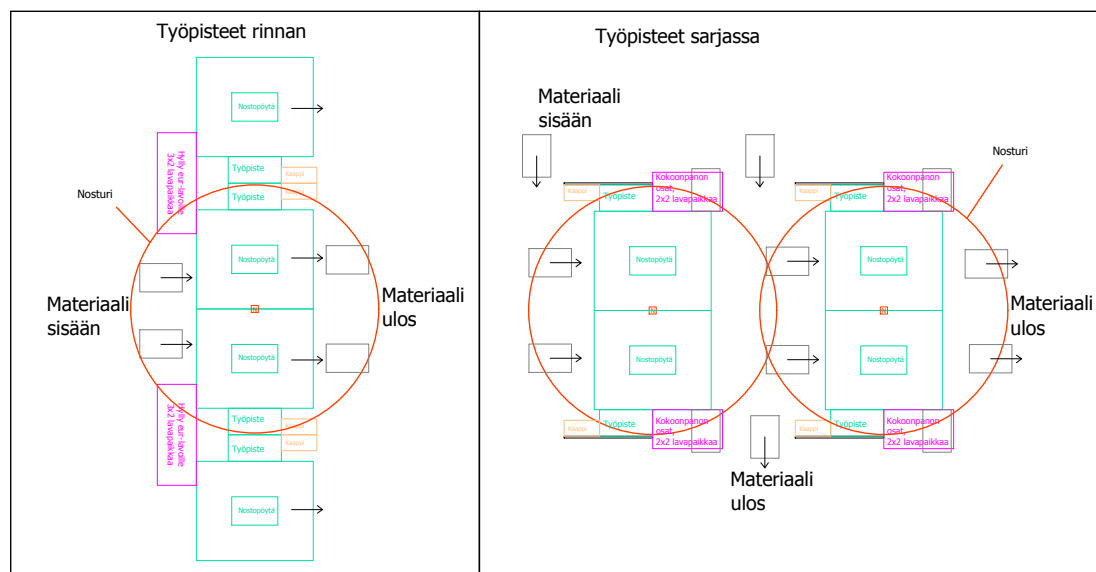
Kuvassa 27 on hahmoteltuna kokoonpanopisteiden sijoittelua tulevaisuuden layoutiin. Huoltopiste on siirretty omaksi itsenäiseksi yksiköksi. Käytävän yhteyteen sijoitetut hyllyt toimivat kokoonpanopisteiden puskurivarastona ja pientarvikehyllyt ja kaapit seinustoilla sisältävät komponentteja. Kokoonpanopisteillä on puominosturit osien siirtelyyn, mutta suuremmat nostot tehdään siltanosturilla. Trukille on jätetty liikkumatilaa työpisteiden väliin, mutta materiaalin siirtäminen prosessin läpi tapahtuu nostureilla ja sähköisillä pumppukärryillä. Kallistajille on varattu vain yksi työpiste. Nykyisellä kapasiteetilla kallistajien kokoonpano ei muodostu pullonkaulaksi tuotantomäärien kaksinkertaistuessa. Kallistajille on varaus toiselle työpisteelle samalla periaatteella kuin pyörittäjien kohdalla.

Materiaali virtaa maalaamosta kokoonpanosolun läpi kahden työpisteen kautta. Valmis laite käy samat työvaiheet läpi kuin nykyisessäkin layoutissa. Kokoonpanon jälkeen tulee koekäyttö, pakkaus ja lähetys.



Kuva 27. Kokoonpanopisteet tulevaisuuden layoutissa. (Marttiini Metal Oy, 2021)

Menetelmä on laajennettavissa kuvassa 28 esitetyillä vaihtoehdoilla. Työpisteet voidaan sijoittaa rinnan, jolloin materiaali virtaa työpisteen läpi ja etenee suoraan lopputarkastukseen. Vaihtoehtoisesti työpisteet voidaan sijoittaa sarjaan tuotantolinjamaisesti, jolloin materiaali virtaa solujen sivuista sisälle ja etenee työvaiheiden verran eteenpäin ja poistuu jälleen sivuille ja etenee linjan loppuun, missä sijaitsee koekäyttö ja pakkaus.



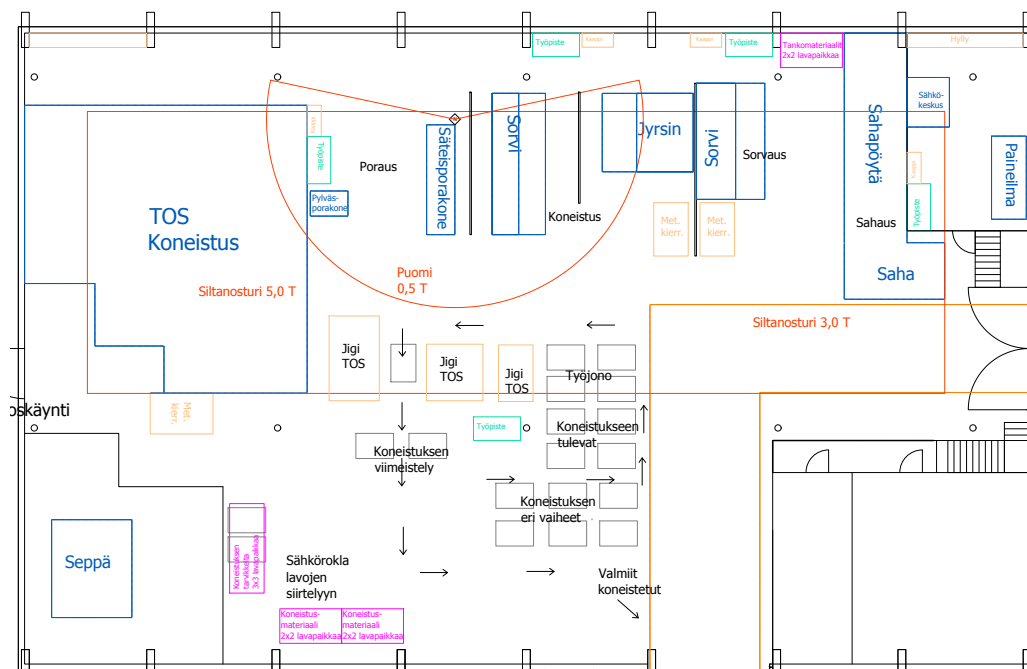
Kuva 28. Työpisteiden laajennusvaihtoehtoja. (Marttiini Metal Oy, 2021)

7.4.2 Koneistus

Tässä työssä ei tehty suuria muutoksia koneistuksen layoutiin, sillä sen kapasiteetti riittää myös tulevaisuudessa. Suuremmat tuotantomäärät tarkoittavat kuitenkin sitä, että samassa tilassa on kyettävä sujuvasti ja hallitusti käsittelemään kaksinkertainen määrä kappaleita. Tämän vuoksi myös koneistukselle suunniteltiin tulevaisuuden layout. Suunnittelussa pyrittiin pääsemään eroon työstökoneiden vakiintuneista sijainneista johtuvista rajoitteista ja yhdistämään työpisteitä. Myös materiaalien ja kappaleiden hallintaan haluttiin selvät tilat ja käytävät.

Kuvasta 29 nähdään, että työstökoneet on sijoitettu kaikki yhdelle puolelle hallia erillisiksi soluiksi. Näin voidaan optimoida työkalujen ja työpisteiden käyttö. Myös puominosturia voidaan hyödyntää suurempien kappaleiden käsittelyssä jyrsimellä, sorvilla ja säteisporakoneella.

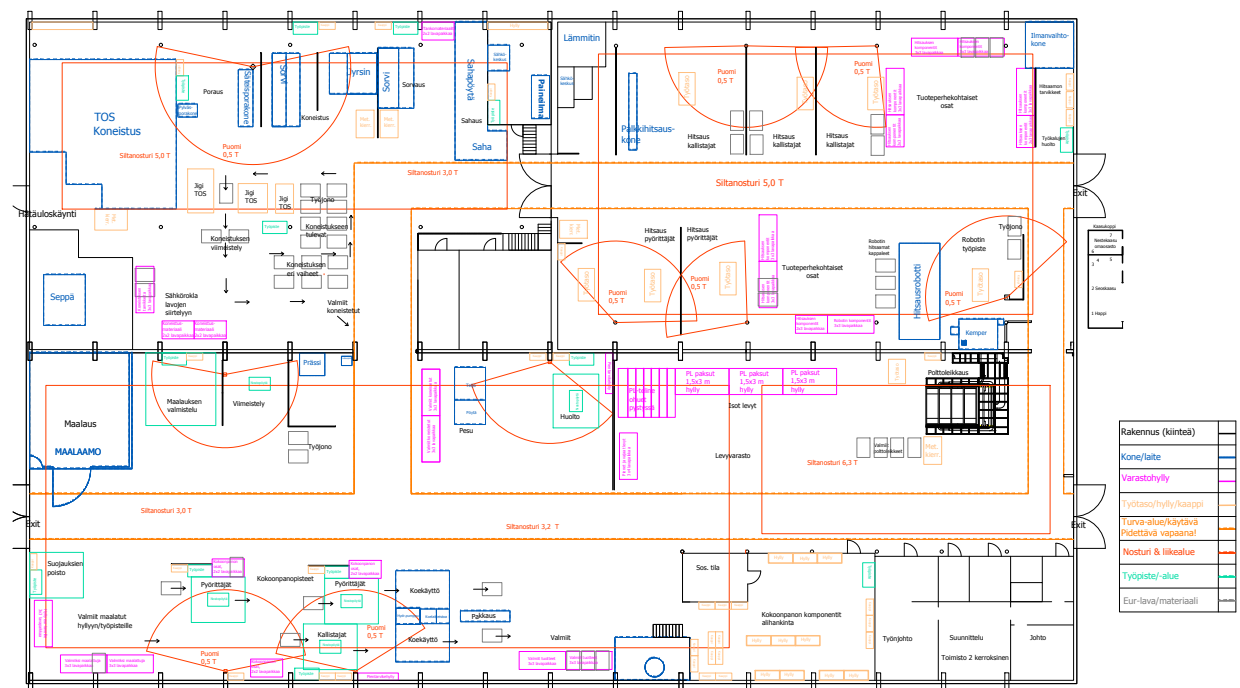
Koneistuskeskuksen jiggit on järjestetty siten, että kappale voidaan tuoda vapaasti trukilla tai pumppukärryllä työjonosta oikean jigin kohdalle. Kappaleet on järjestetty työjonoon koneistusvaiheiden mukaan. Koneistettu kappale viimeistellään erillisellä työpisteellä ennen sen siirtoa takakautta jonon perälle ja valmiit kappaleet siirretään suoraan viimeistelyhitsaukseen. Lisäksi seinustalla on hyllyjä, joihin voidaan varastoida koneistuksen pakkoja, karoja tai jigejä. Myös materiaaleille on varattu hylly.



Kuva 29. Koneistuksen uusi layout. (Marttiini Metal Oy, 2021)

7.4.3 Muut muutosehdotukset

Kuvassa 30 on esitetty tulevaisuuden layoutvisio kokonaisuudessaan. Muitakin pieniä muutoksia on tehty. Muun muassa polttoleikkauksen varastoa on laajennettu entisen kokoonpanopisteen alueelle ja viimeistelyhitsauksen jälkeen on tehty maalauksen valmistelulle oma työpiste. Layoutissa tuotannon tilat on käytetty mahdollisimman tehokkaasti hyödyksi ja sillä on pyritty maksimoimaan nykyisillä menetelmillä saavutettava tuotannon kapasiteetti. Tämän voi huomata, kun suunnitelmaa verrataan lähtötilanteeseen. Työpisteiden välimatkat on jätetty mahdollisimman pieniksi ja työpisteiden yhteyteen on laitettu kaappeja, joissa säilytetään kyseisellä työpisteellä tarvittavia välineitä, osia ja työkaluja. Osastokohtaisilla hyllyillä varmistetaan, että työssä tarvittavia komponentteja on saatavilla mahdollisimman lähellä työpistettä ja hyllyjen nimeämisellä pyritään luomaan selkeä pohja komponenttien varastoinnille. Layout on esitetty liitteessä 3.



Kuva 30. Tulevaisuuden layout. (Marttiini Metal Oy, 2021)

8 TUTKIMUKSEN YHTEENVETO

Yrityksellä on haasteellinen tilanne, missä sen on tehtävä suuria päätöksiä, miten toimintaa tullaan jatkamaan. Kilpailu markkinoilla vaatii tehokasta ja joustavaa tuotantoa sekä selvästi erottuvaa tuotetta ja asiakaspalvelua.

Asiakkaista johtuen tuotteesta löytyy todella paljon variaatioita ja kaivinkoneiden siirtyessä digitaaliseen aikaan, datan hyödyntäminen on muodostunut oleelliseksi osaksi käytettävyyden parantamisessa, sekä kunnossapidon ja tehokkuuden seurannassa. Tuotteen valmistaminen on muuttunut yhä haasteellisemmaksi ja monimutkaisemmaksi. Tuotannonohjauksella on hankaluuksia pysyä askeleen edellä ja toiminta on ollut ajautumassa hallitsemattomaksi yksittäiskappaleiden valmistukseksi, missä vaihtelu on suurta. Toiminta on ollut pitkään hyväksi todettua perinteistä konepajateollisuutta. Vanhat tilat ja tavat eivät kuitenkaan enää vastaa nykyajan tuotannon vaatimuksia, eivätkä tulevaisuuden tavoitteita.

8.1 Tärkeimmät havainnot nykytilasta

Työn alussa kävi selväksi, että yrityksen taival kohti Lean-tuotantoa vaatii suuria muutoksia. Tuotannon järjestäminen ja kehittäminen Lean-ajattelun avulla valittiin ensimmäiseksi askeleeksi, jolla yrityksen toimintaa lähdettiin kehittämään. Keskeinen havainto tuotannosta oli epäjohdonmukaiset välivarastot ja materiaalivirrat. Yhtenä syynä tähän oli funktionaalinen layout, mikä johti työvaiheiden epäloogiseen sijoittamiseen. Tämä aiheutti välivarastoja, joissa oli monen eri jalostusasteen tuotteita samassa paikassa.

Tuotteen kehitys ja valmistus on edennyt huimasti viime vuosina, mutta tuotantotilat eivät. Yleisten tuotannon mittareiden puuttuminen estää kokonaiskuvan hahmottamisen, ja läpimenoajat ovat isoina kokonaisuuksina tehtyjä arvioita. Tämä on johtanut tuotannonohjauksessa epätarkkuuteen.

Toimintaympäristön kehityksen puutteesta johtuen tuotannossa esiintyy runsaasti hukkaa eri muodoissa. Ylimääräistä liikettä ja työvaiheiden jonoutumista työpisteille. Jonossa olevia töitä priorisoidaan, mikä aiheuttaa töiden keskeytymistä ja työntekijän siirtymistä toiselle työpisteelle. Työn uudelleen aloittamisellakin on oma vaikutuksensa läpäisy aikaan, kun työvaiheet, osat ja työkalut ovat ripoteltuina pitkin tuotantoa.

8.2 Muutosten vaikutukset tuotantoon

Tuotannon virtauttaminen yksinkertaisilla layout-muutoksilla vaikutti merkittävästi tuotannon selkeyteen. Näillä toimenpiteillä poistettiin yleistä tuotannossa esiintyvää hukkaa, kuten ylimääräistä liikettä. Lisäksi hitsaamon välivarastoon saatiin selkeyttä. Järkiperusteiset muutokset perustuivat Lean-ajatteluun, missä tavoitteena on luoda selkeä ja yksinkertainen kokonaisuus, jossa materiaali pyritään saamaan virtaamaan tehtaan läpi mahdollisimman jouhevasti.

Yrityksen konekanta kykenee tuotteen valmistukseen. Laiteinvestoinneilla, voitiin kuitenkin selvästi parantaa yrityksen kykyä toimia nykyisissä tuotantotiloissa. Huollon kehittäminen vapautti resursseja tuotantoon ja lisäsi asiakkaalle tuotettua arvoa huollossa. Kohdistetuilla investoinneilla voi olla suuri vaikutus kokonaiskuvassa ja yleisen ilmapiirin nostattamisessa. Se viestii yrityksen halusta panostaa toiminnan kehittämiseen.

Hitsaamon työpisteiden kehittäminen aloitettiin, jotta työvaiheita voidaan standardoida ja optimoida. Seinän kokeiluversion avulla yritykselle luotiin malli, jota voidaan kehittää edelleen itselle sopivaksi. Kokeiluversion avulla työpisteille saadaan tuotua Leanin 5S-menetelmästä tuttuja elementtejä. Kehityskohteeksi valittua työpistettä saatiin siivottua ja työkaluille löytyy nyt vakiintuneet paikat.

Layoutin muuttamisella on merkittäviä vaikutuksia työn tuottavuuteen ja kapasiteetin kasvuun. Esimerkiksi hitsausrobotin siirto hitsaamoon on suora todiste kapasiteetin kasvattamisesta ja virtauksien parantamisesta layout-muutoksella. Yleisesti voidaan arvioida, että tuottavuutta saatiin nostettua noin 15–20 %. Lisäksi turvallisuutta saatiin kehitettyä parempaan suuntaan poistamalla turhia kulkuväyliä ja ohjaamalla trukkiliikennettä layoutin rakenteilla. Työn aikana tehdyillä muutoksilla ja tulevaisuuden suunnitelmilla on mahdollista kasvattaa kapasiteettia kaksinkertaiseksi nykyisissä tuotantotiloissa. Tilan tehokas käyttäminen vaatii myös niihin sopivia toimintatapoja ja se onkin yksi yrityksen seuraavista haasteista kohti tuottavampaa kokonaisuutta.

8.3 Kokonaisuuden tarkastelua

Leania sovelletaan monien eri alojen ja yritysten tarpeisiin. Käytännössä toteutus on hyvin erilaista autoteollisuuden ja perinteisen konepajatoiminnan välillä. Lisäksi

käsitteen muuttuminen riippuen kohderyhmän näkökulmasta hankaloittaa oman Lean-polun löytämistä. Laajasta käsitteestä huolimatta, Leanissa on aikakaudesta ja kohderyhmästä riippuen sopivia toimintamalleja ja työkaluja kaiken toiminnan kehittämiseen. Niin 60-luvun autoteollisuuteen, kuin nykypäivän konepajateollisuuteen.

Tuotantojärjestelmän ja etenkin tuotteen rakenne vaikuttaa suuresti siihen, mitkä toiminnot joutuvat muutoksen alaisiksi. Kehitystoimenpiteitä on kohdennettava oikeisiin kohteisiin toimintaympäristön nykyisen tason perusteella. Nykytilan analyysillä saadaan laaja ja hyvinkin tarkka käsitys yrityksen toiminnan laadusta. Tutkimuksen kannalta näiden tietojen selvittäminen oli oleellista, jotta voitiin luoda yrityskohtainen toimiva kehityssuunnitelma, joka noudattaa tutkimusongelman asettelua.

Tutkimuksen perusteella löydettiin monia työkaluja ja periaatteita, joiden avulla hukkaa voidaan poistaa suoraan ja välillisesti. Muutosagentin roolia tarvittiin, jotta suunnitelmat muuttuivat konkreettisiksi teoiksi. Syynä tähän on resurssipula ja pääoman ja ajan suuntaaminen tuotannon ylläpitoon. Lopputuloksena yritykselle löydettiin sopiva malli, jolla tuotantoa voitiin lähteä kehittämään virtaavammaksi ja siten muuttaa yrityksen tavoitteet realistisiksi nykyisissä tuotantotiloissa.

Työn aikana tehtyjen muutosten ja investointien perusteella voidaan todeta yrityksen olevan halukas muuttamaan ja kehittämään toimintaansa myös työn jälkeen. Oman toiminnan heikkoudet mutta myös vahvuudet on tunnistettu ja niitä halutaan käyttää hyväksi toiminnan kehittämisessä. Jatkuvan kehityksen periaatteella yrityksellä on mahdollisuus tehdä suuria harppauksia pienillä muutoksilla, hyvinkin lyhyessä ajassa.

Tuotantojärjestelmä on ollut pitkään päivityksen tarpeessa ja tässä työssä on selvitetty sen heikkoudet ja vahvuudet Lean-tuotannon näkökulmasta. Selvityksen perusteella laadittiin selkeät ehdotukset ja suunnitelmat, joista osa toteutettiin jo työn aikana. On selvää, että Leanin tehokas soveltaminen vaatii muutoksia tuotantojärjestelmään, mutta tutkimuksen perusteella parannuksien tekeminen voidaan aloittaa jo nykyisessä järjestelmässä. Layoutin muuttaminen on osa suurempaa kokonaisuutta, mutta etenkin toimintatapoja muuttamalla samalla tuotantojärjestelmällä voidaan saavuttaa hyvin erilaisia tuloksia.

8.4 Ehdotukset jatkotoimenpiteiksi

Tämän työn tulosten avulla jatkotutkimuksia ja -toimenpiteitä voidaan tehdä monella eri osa-alueella. Nykytila-analyysin perusteella todettiin, että kaikilla osa-alueilla riittää kehitettävää. Tuotannon näkökulmasta oleellisia kehityskohteita ovat työmenetelmien dokumentointi, standardointi ja vaiheistus sekä tuotannon mittareiden ja jatkuvan parantamisen kulttuurin käyttöönotto.

Työn standardoimiseksi on laadittava työohjeet. Tämän mahdollistamiseksi työpisteillä selvitettävä työvaiheisiin tarvittavat työkalut ja tarvikkeet. Esimerkiksi hitsaamon työntekijät käyttävät itse tekemiään jigejä ja menetelmiä kappaleiden hitsaukseen. Tämä on haasteellista työn standardoimisen kannalta. Leanin näkökulmasta 5S, poka-yoke ja vastaavat menetelmät auttavat työympäristön siistimisessä ja vakiinnuttamisessa sellaiseksi, että työvaiheen suoritus ei ole yhden työntekijän tietojen varassa. Leanin menetelmien jalkauttamiskeinoja tuotantoon kannattaa selvittää ja soveltaa itselle parhaimmalla tuntuvalle tavalla, jotta työntekijöiden on helppo omaksua vieraalta tuntuvat kirjainyhdistelmät.

Yrityksen tavoitteena on ottaa ERP käyttöön. Se mahdollistaa tuotannon datan keräämisen ja käsittelemisen tavalla, johon ei yrityksen käyttämällä Office-pohjautuvilla taulukoilla pystytä. Datan keräämistä varten tuotantoon on saatava järjestelmällisyyttä, jotta tuotannon mittareiden käyttöönotto ja ylläpito olisi mahdollista. Työvaiheiden standardoimisella ja dokumentaatiolla on suuri rooli tämän onnistumisessa. Tuotannon mittareista saatavan tiedon avulla tuotannonohjauksen päätökset voidaan liittää faktoihin ja optimointia voidaan tehdä oikealla tavalla. ERP, standardoidut menetelmät ja datankeräys on myös laatujärjestelmän käyttöönottamisen kannalta oleellista pohjatyötä.

Tuotantoa voisi myös pelkistää. MPB-analyysin avulla voidaan pohtia, mitkä vaiheet kannattaa edelleen tehdä itse ja missä määrin kannattaisi siirtyä alihankintaan. Alueen yritysten tarjoamista palveluista tulisi tehdä ajankohtainen listaus, jota tulisi päivittää jatkuvasti. Vastaavasti omaa ydinosaa tulisi kehittää ja siihen tulisi investoida paremman tuottavuuden saamiseksi. Vanhentuneen konekannan päivittäminen tai hävittäminen tehostaa tilankäyttöä tai antaa mahdollisuuden muiden toimintojen kehittämiseksi. Näillä toimenpiteillä tuotantoa ja omaa toimintaa voidaan optimoida, tehdä helpommin hallittavaksi ja ennen kaikkea tuottavammaksi.

LÄHDELUETTELO

Aulanko, V. 1988. *Yrityksen toiminnan ohjaus*. Hki: Taloustieto.

Byrne, A. & Womack, J. P. 2013. *The lean turnaround: How business leaders use lean principles to create value and transform their company*. New York: McGraw-Hill.

Earley, T., 2021. Lean Manufacturing Tools, Principles, Implementation. Muda, Mura and Muri – Lean Manufacturing Wastes [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://leanmanufacturingtools.org/71/muda-mura-and-muri-lean-manufacturing-wastes/> [viitattu 11.4.2021].

Groover, M. P. 2010. *Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and systems*, 4th ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Haverila, E., Kouri, I., Miettinen, A., Haverila, M. & Haverila, M. J. 2009. *Teollisuustalous*. 6. p. [Tampere]: Infacs.

Kajaste, V. & Liukko, T. 1994. *Lean-toiminta: Suomalaisten yritysten kokemuksia*. [Helsinki]: Metalliteollisuuden kustannus.

Lapinleimu, I., Kauppinen, V. & Torvinen, S. 1997. *Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät*. Porvoo; Helsinki; Juva: WSOY.

Liker, J. K., Convis, G. L. & Niemi, M. 2012. *Toyotan tapa lean-johtamiseen*. Helsinki: Readme.fi.

Logistiikan maailma, 2021a. Tuotanto, Prosessien kehittäminen, Lean-ajattelu. [verkkodokumentti]. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/lean-ajattelu/> [viitattu 12.4.2021].

Logistiikan maailma, 2021b. Tuotanto, Prosessien kehittäminen, JIT (Just-In-Time) ja imuohjaus. [verkkodokumentti]. Reijo Rautauoman säätiö. Saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-jaimuohjaus/> [viitattu 12.4.2021].

Marttiini Metal Oy, 2020. Marttiini Metal, Yritys [verkkodokumentti]. Rovaniemi: Marttiini Metal Oy. Saatavissa: <https://www.marttiinimetal.fi/index.php> [viitattu 24.11.2020].

Marttiini Metal Oy, 2021. Yrityksen sisäinen julkaisu.

Miettinen, P. 1993. *Tuotannonohjaus ja logistiikka*. Helsinki: Painatuskeskus.

Modig, N., Åhlström, P. & Tillman, M. 2013. *Tätä on lean: Ratkaisu tehokkuusparadoksiin*. 1. p. Tukholma: Rheologica Publishing.

Quality Knowhow Karjalainen Oy, 2021a. Lean, Esteiden teoria (TOC) [verkkodokumentti]. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/esteiden-teoria-toc/> [viitattu 18.1.2021].

Quality Knowhow Karjalainen Oy, 2021b. Yleistä Leanista, Lean-työkalut [verkkodokumentti]. Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy. Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/lean-tyoekalut/> [viitattu 7.4.2021].

Ries, E., Rautanen, A. & Markula, J. 2016. *Lean startup: Kokeilukulttuurin käsikirja: kuinka jatkuvan innovoinnin avulla luodaan merkittävästi onnistuneempaa liiketoimintaa*. [Kerava]: LavasDesign Oy.

Rother, M. & Niemi, M. 2011. *Toyota kata*. Helsinki: Readme.fi.

Salomäki, R. 2003. *Hyödynnä SPC: Suorituskykyiset prosessit*. 2. uud. p. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.

Soronen, O. 1999. *Massaräätälöinti asiakasmyönteisessä tuotannossa*. Helsinki: Metalliteollisuuden kustannus.

Suomen Asiakastieto Oy, 2021. Suomen Asiakastieto Oy, Marttiini Metal Oy [verkkodokumentti]. Helsinki: Suomen Asiakastieto Oy. Saatavissa: <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/marttiini-metal-oy/17025028/taloustiedot> [viitattu 14.4.2021].

Tiainen, J. 1996. *JOT: Tie tulevaisuuteen ja menestykseen*. [Kuhmo]: Kuhmon yrityssampo.

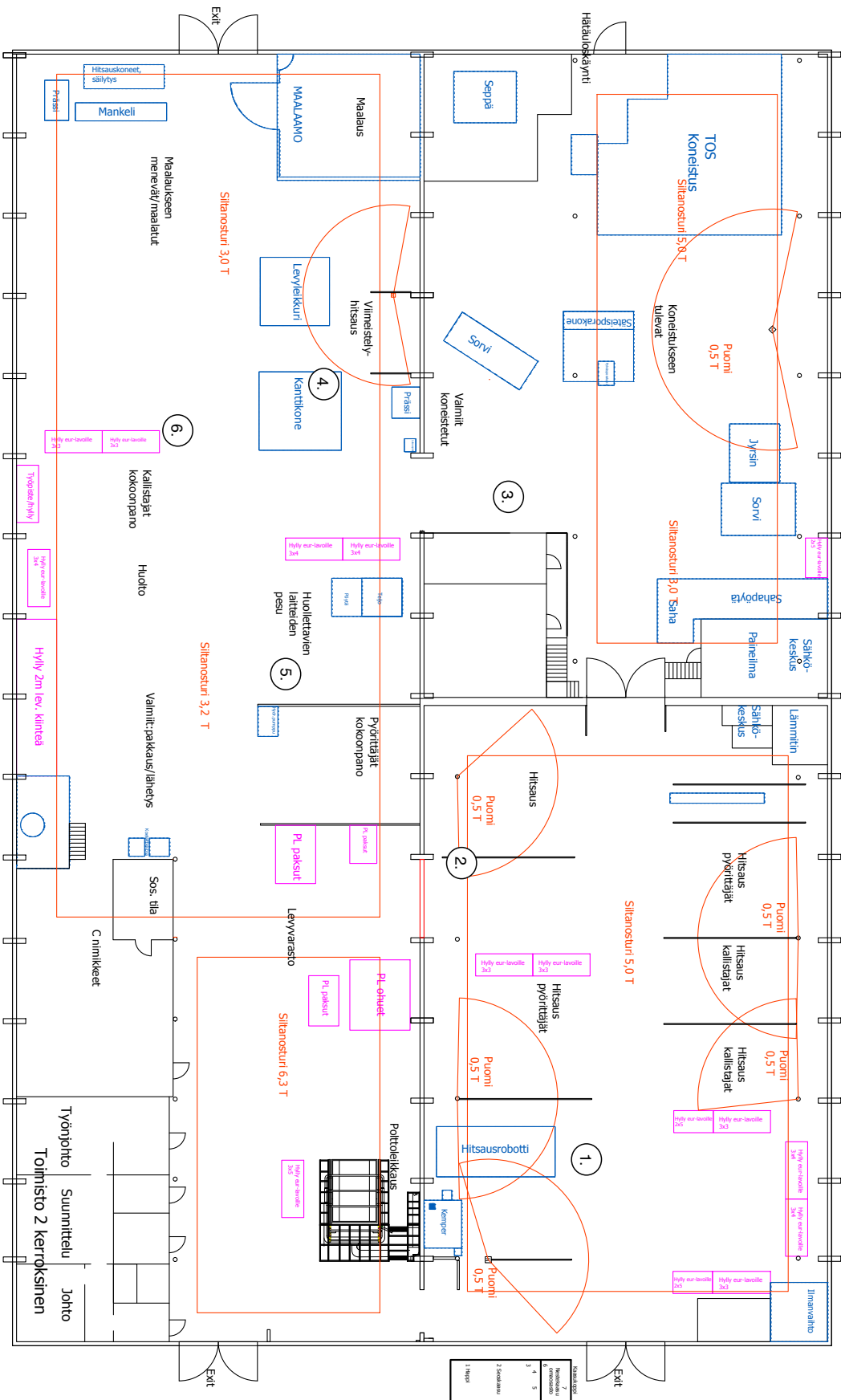
Valtioneuvostonpäättös työssä käytettävien koneiden ja muiden työvälineiden hankinnasta, turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 1998/856 §61. Annettu Helsingissä 25.11.1998. Saatavissa:

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1998/19980856?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=Nostimen%20tarkastus#Lidp446583856> [viitattu 12.4.2021].

Wanha Marttiini, 2011. Wanha tehdas, Historia [verkkodokumentti]. Rovaniemi: Kiinteistö Oy Wanha Marttiini. Saatavissa: http://wanhamarttiini.com/Wanha_Tehdas [viitattu 24.11.2020].

Womack, J. P., Jones, D. T. & Roos, D. 1990. *The machine that changed the world*. New York [N.Y.]: Rawson Associates.

Liite 2. Layout muutosten jälkeen.



Liite 3. Tulevaisuuden layout kokonaisuudessaan.

